

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テラット* (参考)
H 0 1 F 1/147		H 0 1 F 1/14	B 5 D 0 3 3
C 2 2 C 19/03		C 2 2 C 19/03	D 5 D 0 3 4
G 1 1 B 5/31		G 1 1 B 5/31	C 5 E 0 4 1
	5/39		K

審査請求 未請求 請求項の数12 OL (全 13 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願平11-308827	(71) 出願人	000005223 富士通株式会社 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
(22) 出願日	平成11年10月29日 (1999. 10. 29)	(72) 発明者	小田切 充 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願平10-354305	(72) 発明者	竹房 さなえ 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
(32) 優先日	平成10年12月14日 (1998. 12. 14)	(74) 代理人	100072590 弁理士 井桁 貞一
(33) 優先権主張国	日本 (J P)		

最終頁に続く

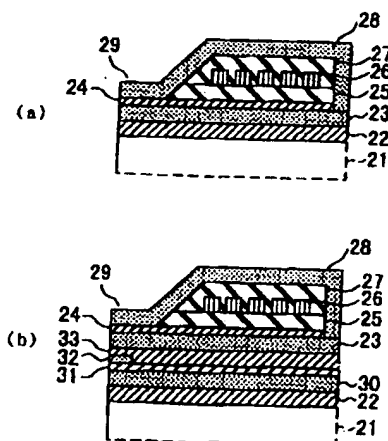
(54) 【発明の名称】 磁性材料およびそれを用いた磁気ヘッド並びに磁気記録装置

(57) 【要約】

【課題】 NiFeMo合金からなる磁気ヘッドで、より優れた高周波特性を得、且つ熱処理不要で良好な磁区構造形成を容易にし、それによって、高周波特性を大幅に改善させる、延いては磁気記録能力を向上し、薄膜磁気ヘッドの高周波化、高記録密度化に寄与することが課題である。

【解決手段】 Ni、Fe、及び、Moからなる磁性材料において、NiFeMoの組成比を、Niを77～82原子%、Feを15～21原子%、Moを6原子%未満で、且つ、磁歪定数 $\lambda_s$ が $-1 \times 10^{-6} \leq \lambda_s \leq 1 \times 10^{-6}$ となる範囲に選択することを特徴とする磁性材料。

本発明の第1及び第2の実施の形態の薄膜磁気ヘッド概略的断面図



- 21: Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiC基板 28: 上部磁層  
 22: Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜 29: ライトポール  
 23: 下部磁層 30: 下部シールド層  
 24: ライトギャップ層 31: 下部リードギャップ層  
 25: 下部層間絶縁膜 32: 磁気抵抗効果素子  
 26: ライトコイル 33: 上部リードギャップ層  
 27: 上部層間絶縁膜

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 Ni、Fe、及び、Moからなる磁性材料において、NiFeMoの組成比を、Niを77～82原子%、Feを15～21原子%、Moを6原子%未満で、且つ、磁歪定数 $\lambda_s$ が $-1 \times 10^{-6} \leq \lambda_s \leq 0$ となる範囲に選択することを特徴とする磁性材料。

【請求項2】 上記磁性材料の保磁力Hcが、 $H_c \leq 1$  OeになるようにNiFeMoの組成比を選択することを特徴とする請求項1記載の磁性材料。

【請求項3】 上記磁性材料の比抵抗 $\rho$ が、 $\rho \geq 20 \mu \Omega \text{cm}$ になるようにNiFeMoの組成比を選択することを特徴とする請求項1または2に記載の磁性材料。

【請求項4】 上記磁性材料の飽和磁束密度Bsが、 $B_s \geq 0.8 \text{ T}$ になるようにNiFeMoの組成比を選択することを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項に記載の磁性材料。

【請求項5】 磁極層を、圧縮応力を有する形状をなしかつ請求項1乃至4のいずれか1項に記載の磁性材料を用いて構成したことを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項6】 Ni、Fe、及び、Moからなる磁性材料において、NiFeMoの組成比を、Niを77～82原子%、Feを15～21原子%、Moを6原子%未満で、且つ、磁歪定数 $\lambda_s$ が $0 \leq \lambda_s \leq 1 \times 10^{-6}$ となる範囲に選択することを特徴とする磁性材料。

【請求項7】 上記磁性材料の保磁力Hcが、 $H_c \leq 1$  OeになるようにNiFeMoの組成比を選択することを特徴とする請求項6記載の磁性材料。

【請求項8】 上記磁性材料の比抵抗 $\rho$ が、 $\rho \geq 20 \mu \Omega \text{cm}$ になるようにNiFeMoの組成比を選択することを特徴とする請求項6または7に記載の磁性材料。

【請求項9】 上記磁性材料の飽和磁束密度Bsが、 $B_s \geq 0.8 \text{ T}$ になるようにNiFeMoの組成比を選択することを特徴とする請求項6乃至8のいずれか1項に記載の磁性材料。

【請求項10】 磁極層を、引っ張り応力を有する形状をなしかつ請求項6乃至9のいずれか1項に記載の磁性材料を用いて構成したことを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項11】 磁気シールド層を、請求項1乃至4、あるいは請求項6乃至9のいずれか1項に記載の磁性材料を用いて構成したことを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項12】 請求項5、9、11のいずれかに記載の磁気ヘッドを用いた磁気記録装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は磁性材料、磁気ヘッド、及び、磁気記録装置に関し、特に、ハードディスクドライブ(HDD)等の磁気記録装置或いは磁気テープ装置等に用いられる複合型薄膜磁気ヘッドを構成する誘導型ヘッド及びMRヘッドの高周波特性を改善するための組成に特徴のある磁性材料、磁気ヘッド、及び、磁気

記録装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】近年、コンピュータの外部記憶装置であるハードディスク装置等の小型化、大容量化の要請の高まりに伴い、記録周波数は100MHz(10<sup>8</sup>Hz)に達しようとしている。このような磁気記録装置では、記録データの書込・読出を担う磁気ヘッドが、記録用の書込ヘッドと再生用の読出ヘッドとが別々に配置されて一体となって構成されるのが常であり、高密度記録に対応すべく磁気記録媒体からの書込・読出に狭いピッチで対応できるよう、記録ヘッドと読出ヘッドとはずれが少なく正確に並べて近接して配置されるように、一連の被膜工程で順次重ねて層形成されている。

【0003】このような薄膜磁気ヘッドの上部磁極層は、マスクメッキ法により一体形成したNi<sub>82</sub>Fe<sub>18</sub>等のパーマロイ合金が使用されるケースが多いが、ここで、図6を参照して、従来の複合型薄膜磁気ヘッドの一例を簡単に説明する。

図6参照

図6は、従来の複合型薄膜磁気ヘッドを模式的に示した要部透視斜視図であり、スライダの母体となるAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiC基板(図示せず)上に、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜(図示せず)を介してNiFe合金等からなる下部シールド層41を設け、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>等の下部リードギャップ層(図示せず)を介してNiFe、Ti、NiFeCrの積層構造等からなる磁気抵抗効果素子42を設けて所定の形状にパターンニングしたのち、磁気抵抗効果素子42の両端にAu等からなる導電膜を堆積させてリード電極43を形成する。

【0004】次いで、再び、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>等の上部リードギャップ層(図示せず)を介してNiFe合金等からなる上部シールド層を兼ねる下部磁極層44を設け、その上にAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>等からなるライトギャップ層(図示せず)を設けたのち、レジスト等の下部層間絶縁膜(図示せず)を介して水平スパイラル状のライトコイル45を形成するとともに、その両端にライト電極46を設け、次いで、レジスト等からなる上部層間絶縁膜(図示せず)を介して先端に幅細のライトポール48を設けた形状の上部磁極層47を設ける。次いで、全面にAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜を設けて保護膜(図示せず)としたのち、基板を切断し、ライトポール48の長さ、即ち、ギャップ深さを調整するための研削、研磨等を含めたスライダ加工を行うことにより磁気抵抗効果素子42を利用した再生用、即ち、リード用のMRヘッドと、記録用、即ち、ライト用の誘導型の薄膜磁気ヘッドとを複合化した複合型薄膜磁気ヘッドが得られる。この場合、ライト電極46からライトコイル45に信号電流を流すことによって発生した磁束は下部磁極層44と上部磁極層47とからなる磁極コアに導かれ、上部磁極層47の先端のライトポール48近傍においてライトギャップ層によって形成さ

れる記録ギャップによって磁束が外部に漏れ出て、記録媒体に信号が記録されることになる。また、逆に、記録媒体からの磁束を磁極コアで検出して信号を再生することもできるものであり、上部磁極層47の先端のライトポール48の幅がトラック幅となり、このトラック幅によって面記録密度が規定される。

【0005】一方、MRヘッドにおける再生原理は、リード電極43から一定のセンス電流を流した場合に、磁気抵抗効果素子42を構成する磁性薄膜の電気抵抗が記録媒体からの磁界により変化する現象を利用するものである。

【0006】しかし、複合型薄膜磁気ヘッドにおける磁気シールド層や上部・下部磁極層における、10MHz～数10MHzの周波数の磁場ノイズや駆動磁場に対す

$$We = \pi^2 \cdot \tau^2 \cdot f^2 \cdot B_m^2 / 4\rho \quad \dots (1)$$

で表されるため、比抵抗 $\rho$ が大きければ、或いは、半径 $\tau$ が小さければ渦電流損失 $We$ が小さくなる。

【0008】また、限界周波数 $fg$ は、 $\rho$ を比抵抗、 $t$

$$fg = 4\rho / (\pi \cdot \mu_0 \cdot \mu_d \cdot t^2) \quad \dots (2)$$

で表されるため、比抵抗 $\rho$ が大きければ、或いは、厚さ $t$ が小さければ限界周波数 $fg$ が大きくなる。

【0009】しかし、従来の上部磁極層47及びライトポール48は、それ自体が $Ni_{82}Fe_{18}$ 等のパーマロイで構成されているため比抵抗 $\rho$ が $20\mu\Omega\text{cm}$ 程度と小さく、且つ、メッキによる一体形成の比較的厚い膜で形成されているので、 $\tau$ または $t$ が大きくなり、渦電流損失 $We$ がどうしても大きく、また、限界周波数 $fg$ がどうしても小さくなるという問題がある。

【0010】一方、磁性膜の厚さ $t$ を薄くすれば、渦電流損失 $We$ を小さく、且つ、限界周波数 $fg$ を大きくすることができるが、そうすると、総磁束量が少なくなるという問題が生ずることになる。

【0011】この様な問題を解決するために、 $Ni_{82}Fe_{18}$ 等のパーマロイより高 $\rho$ 磁極材料の開発が進められており、例えば、パーマロイとほぼ同等の磁気特性を有し、且つ、比抵抗 $\rho$ が $\rho \geq 20\mu\Omega\text{cm}$ の $NiFeMo$ 合金膜を高周波磁極材料として用いることが提案されている（必要ならば、特開平9-63016号公報参照）。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上述の提案に係る $NiFeMo$ 合金膜は、磁歪定数 $\lambda_s$ が $5 \times 10^{-6}$ を越えるほどまでに大きく、また、磁区制御のために180℃～300℃の熱処理を必要とし、この熱処理が、磁極形成前に形成される再生部を構成する磁気抵抗効果素子等に悪影響を及ぼす虞があるという問題がある。

【0013】即ち、薄膜磁気ヘッドの磁極層の透磁率を高くするためには磁歪定数 $\lambda_s$ を小さくする必要があり

（必要ならば、松本他著、「磁気記録工学」、p. 179、共立出版刊参照）、また、磁極の先端付近まで、即

るシールド効果や磁気記録能力が渦電流損失のために大きく低下し、記録不良を招きやすいという問題がある。これは、高周波になるにしたがって渦電流損失が大きくなって、表皮効果による記録磁界強度の低下を招くためである。このような渦電流損失を抑制するためには、渦電流損失が比抵抗 $\rho$ と反比例の関係にあることから、比抵抗 $\rho$ を高くすれば良い。

【0007】即ち、半径 $t$  (m) の円柱状磁性体にコイルを巻き付け、コイル電流を流した時に磁性体を通れる単位体積当たりの渦電流損失 $We$ は、 $\tau$  (m) を磁気薄膜の半径、即ち、厚さ、 $f$  (MHz) を周波数、 $B_m$  (Wb/m<sup>2</sup>) を磁化の強さ、 $\rho$  ( $\Omega \cdot \text{m}$ ) を比抵抗とした場合、

を磁性膜の厚さ、 $\mu_0$  を真空の透磁率、 $\mu_d$  を磁性膜の透磁率とした場合、

ち、ライトポール付近まで六角磁区が形成されるように磁区制御を行うことにより、六角磁区内のスピン回転により磁束の伝搬を行い、高周波応答性に優れた可逆的な磁化過程を生ずることができる。

【0014】ここで、従来一般的な形状の上部磁極層の場合を取り上げ、図7を参照して上部磁極層における理想的な磁区構造を説明する。

図7参照

図7は、上部磁極層47の平面図であり、理想的な磁区構造としては、主磁区となる六角磁区50が、ライトポール48近傍までにも形成され、六角磁区50に隣接して形成された還流磁区となる三角磁区51を介して、図において矢印で示す磁化方向が還流することが望まれる。

【0015】上述のように、磁極材料の高周波特性を高めるためには、高比抵抗化、磁歪定数 $\lambda_s$ の微小化、及び、磁区制御の3点が重要であり、且つ、熱処理などの磁極形成前に形成される再生部を構成する磁気抵抗効果素子等に悪影響を及ぼす工程を省くことが必要となる。

【0016】したがって、本発明は、磁性材料、磁気ヘッド、或いは、磁気装置において、 $NiFeMo$ の組成比を制御することによって、高周波特性を改善するとともに、熱処理を要することなく良好な磁区構造を形成することを目的とする。

【0017】

【課題を解決するための手段】図1は本発明の原理的構成の説明図であり、この図1を参照して本発明における課題を解決するための手段を説明する。

【0018】なお、図1は、好適な $NiFeMo$ 組成範囲を示す組成図である。

図1参照

本発明は、

(1) Ni、Fe、及び、Moからなる磁性材料において、NiFeMoの組成比を、Niを77~82原子%、Feを15~21原子%、Moを6原子%未満で、且つ、磁歪定数 $\lambda_s$ が $-1 \times 10^{-6} \leq \lambda_s \leq 0$ となる範囲に選択すること、あるいは

(2) Ni、Fe、及び、Moからなる磁性材料において、NiFeMoの組成比を、Niを77~82原子%、Feを15~21原子%、Moを6原子%未満で、且つ、磁歪定数 $\lambda_s$ が $0 \leq \lambda_s \leq 1 \times 10^{-6}$ となる範囲に選択すること、を特徴とする。

【0019】上記のうち、(1)の条件で選ばれた磁性材料は、圧縮応力を有する形状の一般的な書込ヘッドの磁極層として好適である。一方、(2)の条件で選ばれた磁性材料は、引っ張り応力を有する形状の書込ヘッドの磁極層として好適である。

【0020】上記の様な条件が満たされる様にNiFeMoの組成比を制御することによって、高周波特性に優れた高透磁率の磁性材料を得ることができ、且つ、この様な組成比の磁性材料膜で上部磁極層を構成した場合に、例えば、(1)の条件の磁性材料について言えば、上部磁極層の先端部近傍まで六角磁区の形成された理想に近い磁区構造が得られる。

【0021】(3)また、本発明は、上記(1)(2)において、磁性材料の保磁力 $H_c$ が、 $H_c \leq 10\text{e}$ になるようにNiFeMoの組成比を選択することを特徴とする。

【0022】この様に、磁性材料の保磁力 $H_c$ が、 $H_c \leq 10\text{e}$ になるようにNiFeMoの組成比を選択することによって、磁極層に必要なパーマロイと同様の優れた軟磁気特性を得ることができる。

【0023】(4)また、本発明は、上記(1)~(3)のいずれかにおいて、磁性材料の比抵抗 $\rho$ が、 $\rho \geq 20 \mu\Omega\text{cm}$ になるようにNiFeMoの組成比を選択することを特徴とする。

【0024】この様に、磁性材料の比抵抗 $\rho$ が、 $\rho \geq 20 \mu\Omega\text{cm}$ になるようにNiFeMoの組成比を選択することによって、従来のNi<sub>82</sub>Fe<sub>18</sub>等のパーマロイより高比抵抗の磁性材料を得ることができ、それによって、渦電流損失をWeを小さく、且つ、限界周波数fgを大きくすることができる。

【0025】(5)また、本発明は、上記(1)~(4)のいずれかにおいて、磁性材料の飽和磁束密度Bsが、Bs $\geq 0.8\text{T}$ になるようにNiFeMoの組成比を選択することを特徴とする。

【0026】この様に、磁性材料の飽和磁束密度Bsが、Bs $\geq 0.8\text{T}$ になるようにNiFeMoの組成比を選択することによって、パーマロイと同程度の飽和磁束密度とすることができ、したがって、パーマロイと同程度の記録磁界強度を保つことができる。

【0027】(6)また、本発明は、磁気ヘッドにおいて、磁極層を、上記(1)~(5)のいずれかの磁性材料を用いて構成したことを特徴とする。

【0028】この様に、上記(1)~(5)のいずれかの磁性材料を用いて磁極層、特に、上部磁極層を構成することによって、上部磁極層の先端部近傍まで理想に近い磁区構造が得られ、それによって、優れた高周波特性を有する誘導型の薄膜磁気ヘッド或いは複合型薄膜磁気ヘッドを実現することができる。

【0029】(7)また、本発明は、磁気ヘッドにおいて、磁気シールド層を、上記(1)~(4)のいずれかの磁性材料を用いて構成したことを特徴とする。

【0030】この様に、上記(1)~(4)のいずれかの磁性材料を用いて磁気抵抗効果素子を挟み込む磁気シールド層を構成することによって、高周波数の磁場ノイズや駆動磁場に対するシールド効果を良好に保つことができ、それによって、優れた高周波特性を有する再生用MRヘッド或いは複合型薄膜磁気ヘッドを実現することができる。

【0031】(8)また、本発明は、磁気装置において、磁気シールド層を、上記(1)乃至(4)のいずれかの磁性材料を用いて構成したことを特徴とする。

【0032】この様に、磁気シールド層の用途は磁気ヘッドに限られるものでなく、例えば、磁気測定装置等において、ノイズとなる外部磁場をシールドするための磁気シールド層としても用いることができる。

【0033】

【発明の実施の形態】[第1の実施態様~圧縮応力を有する形状の一般的な書込ヘッドの磁極層]以下では、本発明の実施の形態の薄膜磁気ヘッドを説明するが、先ずは、図2乃至図4を参照して、NiFeMo(ニッケル-鉄-モリブデン)合金膜における、諸磁気特性のNiFeMo組成依存性を説明する。第一の実施態様として例示するのは、一般的に知られるホームベース状の五角形(正方形等の平行四辺形の一辺に三角形が継ぎ足された形状)の頂点にライトポートとなるべきアンテナ状部位が継ぎ足された形をした書込ヘッドの磁極層の場合についてである。

【0034】この場合のNiFeMo合金膜は、通常の磁極層の製造方法に用いられている電解メッキ法によって成膜したものであり、膜厚としては、1~3 $\mu\text{m}$ とし、成膜条件としては、成膜時に400[Oe]の磁場を印加しているだけで、特別の処理は行っていない。なお、使用する薬品の組成比等、膜の形成方法の詳細については、特願平10-220011号に記載している通りである。概略説明すれば、例えば、NiイオンとFeイオンとMoイオンとオキシカルボン酸又はオキシカルボン酸の塩である有機酸とを含むめっき浴を用いて、電気めっき法によりNiFeMo(ニッケル-鉄-モリブデン)合金膜を形成する。この場合、めっき浴中の前記

有機酸の濃度は0.001mol/l以上とし、めっき浴中の前記Moイオンの濃度の3~20倍とする。

図2(a) 参照

図2(a)は、磁歪定数 $\lambda_s$ のNiFeMo組成依存性の測定結果を示す図であり、磁歪定数 $\lambda_s$ の測定の際には、光てこ法を用いた。

【0035】図から明らかなように、Ni組成比が増えるにつれて、また、Mo組成比が減るにつれて磁歪定数 $\lambda_s$ が低下し、Ni組成比が約80原子%(at%)近傍において、 $\lambda_s = 0$ になり、Ni組成比がそれより多くなると磁歪定数 $\lambda_s$ は負になり、また、Ni組成比がそれより少なくなると磁歪定数 $\lambda_s$ は正になる。

図2(b) 参照

図2(b)は、 $\lambda_s = 0$ 近傍で且つ、負の値を有し、Mo組成比が約2.0原子%のNiFeMo合金膜によって上部磁極層11を形成した場合の磁区構造を示す図であり、酸化鉄のコロイドを磁区の境界の磁壁13に収集させるピッター法を用い、その結果を顕微鏡観察した状態を模写したものであり、図から明らかなように、ライトポール12の近傍まで六角磁区14が構成されており、特段の熱処理を加えなくとも理想的磁区構造に近い状態であることが観察された。

図2(c) 参照

図2(c)は、 $\lambda_s = 0$ 近傍で且つ、正の値を有し、Mo組成比が約2.5のNiFeMo合金膜によって上部磁極層11を形成した場合の磁区構造を示す図であり、同じくピッター法による結果を顕微鏡観察した状態を模写したものであり、図から明らかなように、全体として六角磁区14が少なく、大多数の磁区が三角磁区15によって構成されていることが観察され、好ましい磁区構造ではなかった。

【0036】したがって、磁区制御のための特段の熱処理を加えることなく良好な磁区構造を有する上部磁極層11を形成するためには、磁歪定数 $\lambda_s$ が $\lambda_s \leq 0$ となる範囲の組成比を選択する必要がある、また、磁歪定数 $\lambda_s$ が負の場合にも、その絶対値が大きい場合には、良好な磁区が得られないので、 $\lambda_s \geq -1 \times 10^{-6}$ となるように、即ち、全体としては、 $-1 \times 10^{-6} \leq \lambda_s \leq 0$ となるようにNiFeMoの組成比を選択することが必要となる。

図3(a) 参照

図3(a)は、保磁力 $H_c$ のNiFeMo組成依存性の測定結果を示す図であり、保磁力 $H_c$ の測定の際には、VSM(Vibrating Sample Magnetometer: 振動試料型磁力計)法を用いた。

【0037】図から明らかなように、実線で囲んだ範囲が、 $H_c < 1$  [Oe]となるので、 $H_c \leq 1$  [Oe]の磁性膜を得るためには、

$75 \text{ at} \% \leq \text{Ni 組成比} \leq 83 \text{ at} \%$

$15 \text{ at} \% \leq \text{Fe 組成比} \leq 22 \text{ at} \%$

$0 \text{ at} \% < \text{Mo 組成比} \leq 6 \text{ at} \%$

とすることが必要である。

図3(b) 参照

図3(b)は、比抵抗 $\rho$ のNiFeMo組成依存性の測定結果を示す図であり、比抵抗 $\rho$ の測定の際には、4端子法を用いた。

【0038】図から明らかなように、比抵抗 $\rho$ はMo組成比の増加とともに増加するが、図に示した範囲においては、全ての組成比において比抵抗 $\rho$ は、 $\rho \geq 20 \mu\Omega \text{ cm}$ となり、パーマロイより高比抵抗にすることが確認された。

図4(a) 参照

図4(a)は、飽和磁束密度 $B_s$ の $\rho$ のNiFeMo組成依存性の測定結果を示す図であり、飽和磁束密度 $B_s$ の測定の際には、保磁力 $H_c$ の測定と同様に、VSM法を用いた。

【0039】図から明らかなように、飽和磁束密度 $B_s$ は、Fe組成比の増加とともに増加する傾向があり、また、Ni組成比の増加とともに低下する傾向があるが、図に示した範囲においては、 $B_s \geq 0.8 \text{ T}$ となり、パーマロイと同程度の飽和磁束密度 $B_s$ が得られることが確認された。

図4(b) 参照

図4(b)は、磁歪定数 $\lambda_s = -5 \times 10^{-7}$ 、保磁力 $H_c = 0.5 \text{ Oe}$ 、比抵抗 $\rho = 47 \mu\Omega \text{ cm}$ 、飽和磁束密度 $B_s = 0.95 \text{ T}$ となる、 $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{17.5}\text{Mo}_{2.5}$ とパーマロイ $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ を厚さ $2 \mu\text{m}$ に成膜した場合の透磁率の測定結果を示す図である。

【0040】図から明らかなように、 $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ は約20MHzを越えると $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{17.5}\text{Mo}_{2.5}$ より実効透磁率 $\mu'$ が低下しはじめ、約40MHzを越えると1000以下になるが、 $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{17.5}\text{Mo}_{2.5}$ の場合には、約70MHz程度の範囲まで実効透磁率 $\mu'$ が1000を越えており、100MHz帯域の透磁率の向上が確認された。

【0041】なお、 $\mu''$ は無効透磁率である。

【0042】以上の結果をまとめると、NiFeMo合金膜によって良好な高周波特性の磁性膜を形成するためには、NiFeMo組成比を、

$75 \text{ at} \% \leq \text{Ni 組成比} \leq 83 \text{ at} \%$

$15 \text{ at} \% \leq \text{Fe 組成比} \leq 22 \text{ at} \%$

$0 \text{ at} \% < \text{Mo 組成比} \leq 6 \text{ at} \%$

とすることが必要条件となり、より安全を見込めば、

$77 \text{ at} \% \leq \text{Ni 組成比} \leq 82 \text{ at} \%$

$15 \text{ at} \% \leq \text{Fe 組成比} \leq 21 \text{ at} \%$

$0 \text{ at} \% < \text{Mo 組成比} < 6 \text{ at} \%$

とすることが望ましい。

【0043】また、上記の組成比の範囲内において、理想に近い磁区構造を得るためには、図2から明らかなように、磁歪定数 $\lambda_s$ を、

$$-1 \times 10^{-6} \leq \lambda_s \leq 0$$

とすることが必要条件となる。

【0044】さらに、この様な条件に加えて、良好な高周波特性を確実に得るためには、上記の諸条件に加え、保磁力 $H_c$ 、比抵抗 $\rho$ 、及び、飽和磁束密度 $B_s$ について、

$$H_c \leq 1 \text{ [Oe]}$$

$$\rho \geq 20 \mu \Omega \text{ cm}$$

$$B_s \geq 0.8 \text{ T}$$

の内の少なくとも1つの条件を満たすようにNiFeMoの組成比を選択することが望ましい。

【0045】次に、上記の範囲の組成比のNiFeMo合金膜を用いた薄膜磁気ヘッド或いは複合型薄膜磁気ヘッドの具体的構成に関する本発明の第1及び第2の実施の形態を図5を参照して説明する。

【0046】なお、この場合の磁性体膜は、上記の諸条件を満たす組成比であればどのようなものでも良いが、ここでは、図4(b)の透磁率の測定の際に用いたNi<sub>80</sub>Fe<sub>17.5</sub>Mo<sub>2.5</sub>を用いた。

【0047】したがって、この場合の磁性体膜の磁歪定数 $\lambda_s$ 、保磁力 $H_c$ 、比抵抗 $\rho$ 、及び、飽和磁束密度 $B_s$ は、上記の様に、 $\lambda_s = -5 \times 10^{-7}$ 、 $H_c = 0.5 \text{ Oe}$ 、 $\rho = 47 \mu \Omega \text{ cm}$ 、 $B_s = 0.95 \text{ T}$ となる。

図5(a)参照

図5(a)は、本発明の第1の実施の形態の誘導型の薄膜磁気ヘッドの概略的な要部断面図であり、まず、スライダの母体となるAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiC基板21上に、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜22を介して厚さ50~100Å、例えば、50ÅのTa層、及び、厚さ1000Å以下、例えば、500ÅのNiFe合金からなるメッキベース層（図示せず）を形成したのち、レジスト膜を塗布してパターンニングすることによって、所定の開口部を有するレジストマスク（図示せず）を形成し、電解メッキ法によって厚さが、2.5~4.0μm、例えば、3.0μmのNi<sub>80</sub>Fe<sub>17.5</sub>Mo<sub>2.5</sub>合金からなる下部磁極層23を成膜し、次いで、レジストマスクを除去したのち、Arイオンを用いたイオンミリング法によってメッキベース層の露出部を除去する。

【0048】次いで、スパッタリング法によって厚さ0.2~0.6μm、例えば、0.4μmのAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を堆積させてライトギャップ層24としたのち、厚さが、3.0~4.0μm、例えば、3.5μmのレジストからなる下部層間絶縁膜25を介して、厚さが、2.5~4.0μm、例えば、3.0μmのCu膜を設け、パターンニングすることによって、後に形成する上部磁極層28と下部磁極層23の接続部を複数回巻く平面スパイラル状のライトコイル26及びその両端のライト電極を形成し、次いで、再び、厚さが、3.0~4.0μm、例えば、3.5μmのレジストからなる上部層間絶縁膜27を形成してライトコイル26を被覆する。

【0049】なお、この場合のライトギャップ層24の厚さが、磁気ギャップの間隔、即ち、ギャップ長となる。

【0050】次いで、厚さ50~100Å、例えば、50ÅのTi層、及び、厚さ1000Å以下、例えば、500ÅのNiFe膜をスパッタリング法によって順次成膜してメッキベース層（図示せず）を形成し、次いで、レジスト膜を塗布したのち、露光・現像することによって、上部磁極層28に対応する形状の開口部を有するレジストマスク（図示せず）を設け、このレジストマスクをマスクとして、電解メッキ法によって、厚さが、2.0~4.0μm、例えば、3.0μmのNi<sub>80</sub>Fe<sub>17.5</sub>Mo<sub>2.5</sub>合金からなり、先端部が幅細のライトポール29となった上部磁極層28を形成する。

【0051】次いで、レジストマスクを除去したのち、Arイオンを用いたイオンミリングを施すことによってメッキベース層の露出部を除去し、次いで、全面にAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜を設けて保護膜（図示せず）としたのち、基板を切断し、ライトポール29の長さ、即ち、ギャップ深さを調整するための研削、研磨等を含めたスライダ加工を行うことにより高周波特性に優れ、且つ、高記録密度の誘導型の薄膜磁気ヘッドが完成する。

【0052】この第1の実施の形態においては、下部磁極層23及び上部磁極層28として、Ni<sub>80</sub>Fe<sub>17.5</sub>Mo<sub>2.5</sub>合金を用いているので、高周波特性に優れた薄膜磁気ヘッドを構成することができ、また、上部磁極層28においては、ライトポール29の近傍まで六角磁区が形成された理想に近い磁区構造とすることができる。

図5(b)参照

図5(b)は、本発明の第2の実施の形態の複合型薄膜磁気ヘッドの概略的な要部断面図であり、まず、スライダの母体となるAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiC基板21上に、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜22を介して厚さが、2.0~4.0μm、例えば、3.0μmのNi<sub>80</sub>Fe<sub>17.5</sub>Mo<sub>2.5</sub>合金からなる下部シールド層30を設け、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>からなる下部リードギャップ層31を介してNiFe、Ti、NiFeCrの積層構造等からなる磁気抵抗効果素子32を設けて所定の形状にパターンニングしたのち、磁気抵抗効果素子32の両端にAu等からなる導電膜を堆積させてリード電極（図示せず）を形成し、次いで、再び、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>からなる上部リードギャップ層33を設ける。

【0053】以降は、上記の第1の実施の形態と同様に、上部リードギャップ層32上に、厚さ50~100Å、例えば、50ÅのTa層、及び、厚さ1000Å以下、例えば、500ÅのNiFe合金からなるメッキベース層（図示せず）を形成したのち、レジスト膜を塗布してパターンニングすることによって、所定の開口部を有するレジストマスク（図示せず）を形成し、電解メッキ法によって厚さが、2.5~4.0μm、例えば、3.0μmのNi<sub>80</sub>Fe<sub>17.5</sub>Mo<sub>2.5</sub>合金からなる上部シールド層34を形成し、次いで、再び、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>からなる上部リードギャップ層35を設ける。

ルド層を兼ねる下部磁極層23を成膜し、次いで、レジストマスクを除去したのち、Arイオンを用いたイオンミリング法によってメッキベース層の露出部を除去する。

【0054】次いで、スパッタリング法によって厚さ0.2~0.6 $\mu$ m、例えば、0.4 $\mu$ mのAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を堆積させてライトギャップ層24としたのち、厚さが、3.0~4.0 $\mu$ m、例えば、3.5 $\mu$ mのレジストからなる下部層間絶縁膜25を介して、厚さが、2.5~4.0 $\mu$ m、例えば、3.0 $\mu$ mのCu膜を設け、パターンニングすることによって、後に形成する上部磁極層28と下部磁極層23の接続部を複数回巻く平面スパイラル状のライトコイル26及びその両端をなすライト電極を形成し、次いで、再び、厚さが、3.0~4.0 $\mu$ m、例えば、3.5 $\mu$ mのレジストからなる上部層間絶縁膜27を形成してライトコイル26を被覆する。

【0055】次いで、厚さ50~100Å、例えば、50ÅのTi層、及び、厚さ1000Å以下、例えば、500ÅのNiFe膜をスパッタリング法によって順次成膜してメッキベース層（図示せず）を形成し、次いで、レジスト層を塗布したのち、露光・現像することによって、上部磁極層に対応する形状の開口部を有するレジストマスク（図示せず）を設け、このレジストマスクをマスクとして、電解メッキ法によって、厚さが、2.0~4.0 $\mu$ m、例えば、3.0 $\mu$ mのNi<sub>80</sub>Fe<sub>17.5</sub>Mo<sub>2.5</sub>合金からなり、先端部が幅細のライトポール29となった上部磁極層28を形成する。

【0056】次いで、レジストマスクを除去したのち、Arイオンを用いたイオンミリングを施すことによってメッキベース層の露出部を除去し、次いで、全面にAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜を設けて保護膜（図示せず）としたのち、基板を切断し、ライトポール29の長さ、即ち、ギャップ深さを調整するための研削、研磨等を含めたスライダ加工を行うことにより高周波特性に優れ、且つ、高記録密度の複合型薄膜磁気ヘッドが完成する。

【0057】この第2の実施の形態においては、再生用のMRヘッド部を構成する磁気抵抗効果素子32をNi<sub>80</sub>Fe<sub>17.5</sub>Mo<sub>2.5</sub>合金からなる下部シールド層31及び上部シールド層となる下部磁極層23によって挟持しているのち、100MHz近傍の高周波の磁場ノイズや駆動磁場に対するシールド効果を良好に保つことが可能になり、それによって、再生分解能を高くすることが期待できる。

【0058】また、この場合にも、上部磁極層28もNi<sub>80</sub>Fe<sub>17.5</sub>Mo<sub>2.5</sub>合金を用いて構成しているのち、特段の熱処理を施すことなく、ライトポール29の近傍まで六角磁区が形成された理想に近い磁区構造とすることができ、それによって、磁気抵抗効果素子32の形成後の熱処理が不要になるので、再生用のMRヘッド部を構成する磁気抵抗効果素子32に悪影響を及ぼすことが

なく、高い再生出力を維持しながら高周波記録が可能になる。

〔第2の実施態様〜引張応力を有する形状の書込ヘッドの磁極層〕次に、書込ヘッドの磁極層の平面形状を、第1の実施態様として例示した如き一般的に知られる圧縮応力を有する形状に代えて、引張応力を有する形状に代えた場合について説明する。このように引張応力を有する磁極層を簡単に例示すると、第1の実施態様で説明した五角形の中に大きい開口部を設ければ良い。詳細を説明するにあたり、以下では先ず原理を説明する。ライトポールの先端部まで還流磁区構造を形成して、特性良好な磁気ヘッドを形成するためには、弾性磁気異方性エネルギーにより磁極長方向に生じる異方性を意識しなければならない。磁歪を $\lambda$ 、張力を $\sigma$ 、自発磁化と張力 $\sigma$ のなす角を $\theta$ とすると弾性磁気異方性エネルギーEは、以下の式にしたがう。

$$E = - (3/2) \lambda \sigma \cos^2 \theta$$

磁気ヘッド材料としては磁歪正負のものがあ、また張力は引っ張り応力( $\sigma > 0$ )をもつ。Eを最小とするように弾性磁気異方性が生じるので、

$\lambda < 0$ では $\theta = 90^\circ$

$\lambda > 0$ では $\theta = 0^\circ$

となる。つまり $\lambda < 0$ では $\sigma$ と直角方向に異方性を生じ、 $\lambda > 0$ では $\sigma$ と同方向に異方性を生じる。また、引っ張り応力の方向は磁極形状により異なり、磁極の長い形状では磁極長方向(y方向)に働き、磁極が幅広い形状では磁極幅方向(x方向)に働く。これは形状的に長さと幅を比べた時、相対的に長い方に引っ張り応力が働くからである。上記式にて明らかなように、正磁歪かつ引っ張り応力の材料を用いた場合には、磁極形状を $x > y$ とすれば良く、逆に短ヨーク化により $x < y$ となる時には、正磁歪となるような材料を用いれば良く、この時、磁極先端まで還流磁区構造を形成し、特性良好な磁気ヘッドを形成できる。ところで、書込ヘッドの磁極層が圧縮応力を有する一般的な五角形状の形成プロセスを大幅に変更することなく、引っ張り応力を有するように変更するには、例えば、磁極層の中央部に中空を設けた構造にすれば良い。

図8参照

図8は、本発明の第2の実施形態にかかわる理想的磁区構造の模式上面図であり、中空を設け引っ張り応力を有するようにした書込ヘッドの磁極層の理想的な磁区構造モデルを描いたものである。同図に描かれた磁極層では、概形は第1の実施形態の形を基本的に踏襲しつつも、磁性層材料の内部に中空部(バックギャップ)を設けたため、引っ張り応力が生じるようになったものである。この磁極層では、バックギャップから磁極層中、図上・下方向に位置する磁極先端に向けて六角磁区と三角磁区とからなる還流磁区構造が形成されているが、このように六角磁区を先端部まで形成することで、六角磁区

内のスピンの回転し記録再生に寄与する磁束の伝搬が、バックギャップから磁極先端まで高速かつ再現性よく行われるものである。図8に示した例では、引っ張り応力 $\sigma$ は、バックギャップから磁極先端に向けた方向に生じているが、磁極層の横幅と縦方向の長さ（バックギャップから磁極先端に延びる方向への長さ）とを調節することで、バックギャップから磁極先端への方向と直行する方向に生じさせることもできるので、以下では、図9を引用しつつこのことについて説明する。

【0059】図9（A）（B）は、本発明の第2の実施形態にかかわる磁区構造の観察例となる模式上面図である。（A）は、横幅 $x$ が縦長さ $y$ よりも短い場合、すなわち磁極の幅が磁極の長さに比べてより長い場合について描いたものであり、一方、（B）は、横幅 $x$ が縦長さ $y$ よりも長い場合、すなわち磁極の幅が磁極の長さに比べてより短い場合について描いたものである。一般に、磁極の長さ $y$ と幅 $x$ とを比べた場合に相対的に長い方に引っ張り応力が働くが、カー顕微鏡による磁区観察結果は、このことを裏付けるものであった。すなわち、図9

（A）の場合には、磁極の長さ方向に引っ張り応力 $\sigma$ が生じ、一方図9（B）の場合には、磁極の幅方向に引っ張り応力 $\sigma$ が生じていることが、カー顕微鏡によって確認できた。図10は、本発明の第2の実施態様に基づく書込ヘッドの磁極層の模式上面図である。磁極の幅を $45\mu\text{m}$ 、磁極の長さを $35\mu\text{m}$ とし、磁極層材料を $50\text{NiFe}$ （正磁歪）として、書込ヘッドの磁極層として用いることができる。次に、図10に示す書込ヘッドの磁極層を一般的な複合型MRヘッドの一部として用いる場合の実施態様を図11にしたがって説明する。図11は、本発明の第2の実施態様に基づく複合型磁気ヘッドの適用例を示す模式図（模式上面図（a）と磁区構造モデル上面図（b）と磁極先端からの断面構造（c））である。読出ヘッドと書込ヘッドとを一体化した複合型磁気ヘッドの一般的な断面図は、模式的に描けば、図11

（c）のような形状をしている。読取を担うMR素子を設け、また磁気記録媒体中に記録された磁気記録情報を読み取る際の妨げになるような周囲の磁気の影響を排除するために、磁気シールド層をMR素子の両側に設ける。さらに、この磁気シールド層/MR素子/磁気シールド層の三層構造の外側に上部磁極を設け、これにより書込を行う。上部磁極の構成は、図10に示したような形状であれば良い。図11（c）に示した複合型磁気ヘッドを上から見た平面図は、図11（a）に示す通りである。図11（a）中、図10に示す形状の上部磁極の下に磁気シールド層が設けられるが、この場合、上部磁極よりも磁気シールド層は十分大きい。上部磁極の幅が $45\mu\text{m}$ であるのに対して磁気シールド層の幅は $70\mu\text{m}$ であり、また上部磁極の長さが $35\mu\text{m}$ であるのに対して磁気シールド層の長さは $65\mu\text{m}$ である。磁気シールド層は四角形にバターニングされると、その磁区構造

モデルは、図11（b）に示す如くに単純な六角磁区と三角磁区との組み合わせの如く成る。

【0060】次に、上記の範囲の組成比の $\text{NiFeMo}$ 合金膜を用いた薄膜磁気ヘッド或いは複合型薄膜磁気ヘッドの具体的構成に上記図11に開示した複合型磁気ヘッドを適用する場合には、上記第1の実施形態として説明したのに準じて図5に記載されるような構造にすれば良い。したがって、ここでは繰り返して図5の工程を説明することは省く。なお、この場合の磁性体膜は、上記の諸条件を満たす組成比であればどのようなものでも良いが、ここでは、図4（b）の透磁率の測定の際に用いたのと同じ $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{17.5}\text{Mo}_{2.5}$ を用いた。この場合の磁性体膜の磁歪定数 $\lambda_s$ 、保磁力 $H_c$ 、比抵抗 $\rho$ 、及び、飽和磁束密度 $B_s$ は、上記の様に、 $\lambda_s = +5 \times 10^{-7}$ 、 $H_c = 0.5\text{Oe}$ 、 $\rho = 47\mu\Omega\text{cm}$ 、 $B_s = 0.95\text{T}$ となる。

【0061】別の実施の形態においては、再生用のMRヘッド部を構成する磁気抵抗効果素子32を $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{17.5}\text{Mo}_{2.5}$ 合金からなる下部シールド層31及び上部シールド層となる下部磁極層23によって挟持しているので、 $100\text{MHz}$ 近傍の高周波の磁場ノイズや駆動磁場に対するシールド効果を良好に保つことが可能になり、それによって、再生分解能を高くすることが期待できる。

【0062】また、この場合にも、上部磁極層28も $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{17.5}\text{Mo}_{2.5}$ 合金を用いて構成しているので、特段の熱処理を施すことなく、ライトボール29の近傍まで六角磁区が形成された理想に近い磁区構造とすることができ、それによって、磁気抵抗効果素子32の形成後の熱処理が不要になるので、再生用のMRヘッド部を構成する磁気抵抗効果素子32に悪影響を及ぼすことなく、高い再生出力を維持しながら高周波記録が可能になる。

【0063】以上、本発明の各実施の形態を説明してきたが、本発明は上記説明した実施形態に限られるものではなく各種の変更が可能であり、例えば、上部磁極層等を構成する磁性材料としては、 $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{17.5}\text{Mo}_{2.5}$ 合金に限られるものではなく、上述した組成比の範囲で、且つ、上記の磁歪定数 $\lambda_s$ 、保磁力 $H_c$ 、比抵抗 $\rho$ 、及び、飽和磁束密度 $B_s$ に関する諸条件を満たす $\text{NiFeMo}$ 合金であれば良い。また、上記の各実施の形態の説明においては、誘導型の薄膜磁気ヘッド或いは複合型薄膜磁気ヘッドとして説明しているが、再生専用の単独のMRヘッドにも適用されるものであり、複合型薄膜磁気ヘッドと同様に、上下の磁気シールド層として、上述の諸条件を満たす $\text{NiFeMo}$ 合金を用いれば良い。また、在来型のMR素子ではなく、GMR（巨磁気抵抗効果）素子、スピンバルブ素子のいずれに対しても適用して同様の効果が得られる。また、強磁性トンネル接合素子に対してもライトヘッド形成プロセスでの熱



履歴を大幅に減らせる本発明の効果は大きい。特に、スピバルブ素子においては、磁気抵抗効果に関与する二つの磁性体膜のうち、片方の磁性体膜（自由層）は磁場を感じて磁化方向を自由回転可能である一方、他方の磁性体膜（「固定層」とか「ピンド層」と呼ばれる）は反強磁性体（ピニング層）を近接させることにより磁場に対して磁化方向が回転しないように固定されているが、何も磁場を与えない場合の磁化方向は加熱処理によって定められるので、不要な加熱処理が本来望んだ磁化方向とは異なる方向に歪めてしまう可能性があり、できるだけプロセス中に加熱工程を含めたくないという需要が特に高い。本発明をスピバルブ素子の形成プロセスに適用すれば、このような不要な加熱工程は省かれるので、磁化方向が所望に定まり、信頼性が高いあるいは歩留りの高い微細スピバルブ素子が形成可能という効果も得られ、スピバルブ素子への本発明の適用は特に好ましい結果を及ぼす。また、上記の各実施の形態においては、磁気ヘッドに用いる磁性材料として説明しているが、必ずしも磁気ヘッド用に限られるものではなく、例えば、磁気測定装置等における磁気シールド材として用

【0064】

【発明の効果】本発明によれば、NiFeMo合金の組成比を、優れた高周波特性が得られ、且つ、熱処理を要することなく良好な磁区構造の形成が容易になる磁歪定数 $\lambda_s$ となる値に選択しているため、他の特性を犠牲にすることなく比抵抗 $\rho$ を大きくすることができ、それによって、高周波特性を大幅に改善させることが可能になるので、磁気記録能力を向上することができ、薄膜磁気ヘッドの高周波化、高記録密度化に寄与し、ひいては、高性能HDD装置の普及に寄与するところが大きい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の原理的構成の説明図である。

【図2】磁歪定数 $\lambda_s$ と磁区構造のNiFeMo組成依存性の説明図である。

【図3】保磁力 $H_c$ と比抵抗 $\rho$ のNiFeMo組成依存性の説明図である。

【図4】飽和磁束密度 $B_s$ と透磁率特性のNiFeMo組成依存性の説明図である。

【図5】本発明の実施の形態の薄膜磁気ヘッドの概略的断面図である。

【図6】従来の複合型薄膜磁気ヘッドの要部透視斜視図である。

【図7】本発明の第1の実施形態にかかわる理想的磁区構造の模式上面図である。

【図8】本発明の第2の実施形態にかかわる理想的磁区構造の模式上面図である。

【図9】本発明の第2の実施形態にかかわる磁区構造の観察例となる模式上面図である。

【図10】本発明の第2の実施形態に基づく書込ヘッドの磁極層の模式上面図である。

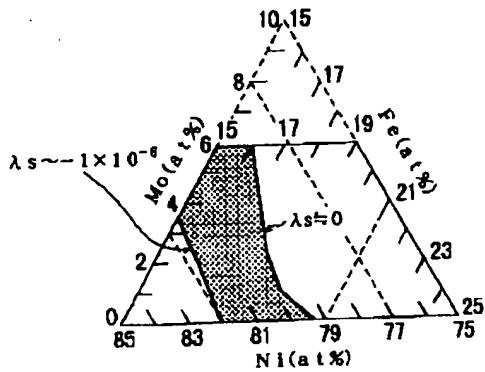
【図11】本発明の第2の実施形態に基づく複合型磁気ヘッドの適用例を示す模式図（模式上面図（a）と磁区構造モデル上面図（b）と磁極先端からの断面構造（c））である。

【符号の説明】

- 11 上部磁極層
- 12 ライトポール
- 13 磁壁
- 14 六角磁区
- 15 三角磁区
- 21 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiC基板
- 22 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜
- 23 下部磁極層
- 24 ライトギャップ層
- 25 下部層間絶縁膜
- 26 ライトコイル
- 27 上部層間絶縁膜
- 28 上部磁極層
- 29 ライトポール
- 30 下部シールド層
- 31 下部リードギャップ層
- 32 磁気抵抗効果素子
- 33 上部リードギャップ層
- 41 下部シールド層
- 42 磁気抵抗効果素子
- 43 リード電極
- 44 下部磁極層
- 45 ライトコイル
- 46 ライト電極
- 47 上部磁極層
- 48 ライトポール
- 49 磁壁
- 50 六角磁区
- 51 三角磁区

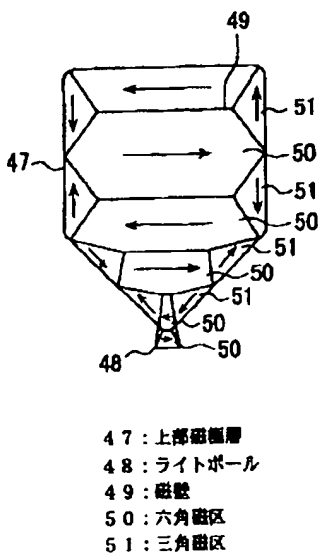
【図1】

本発明の原理的構成の説明図



【図7】

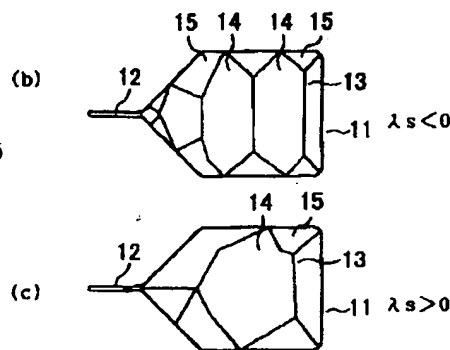
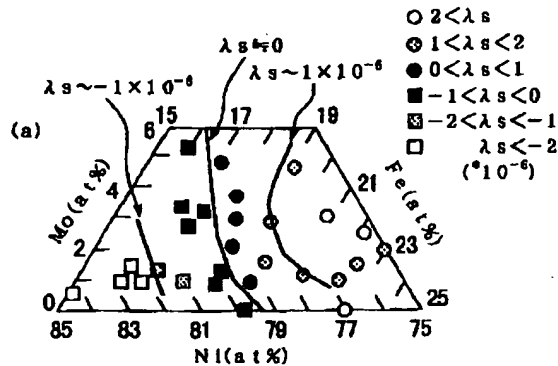
理想的磁区構造の説明図



47: 上部磁極層  
48: ライトポール  
49: 磁壁  
50: 六角磁区  
51: 三角磁区

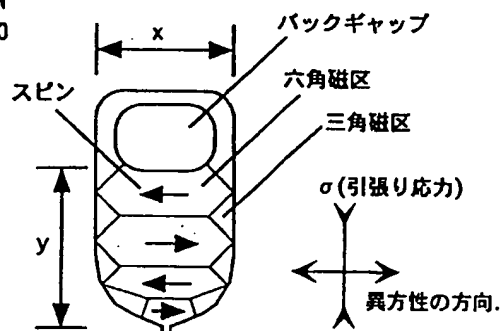
【図2】

磁歪定数λsと磁区構造のNiFeMo組成依存性の説明図

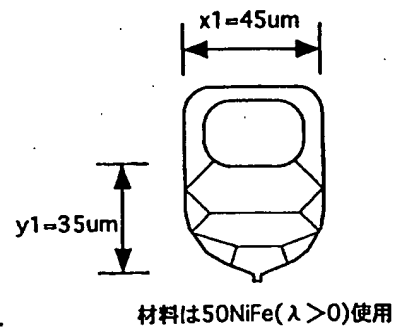


11: 上部磁極層 14: 六角磁区  
12: ライトポール 15: 三角磁区  
13: 磁壁

【図8】



【図10】

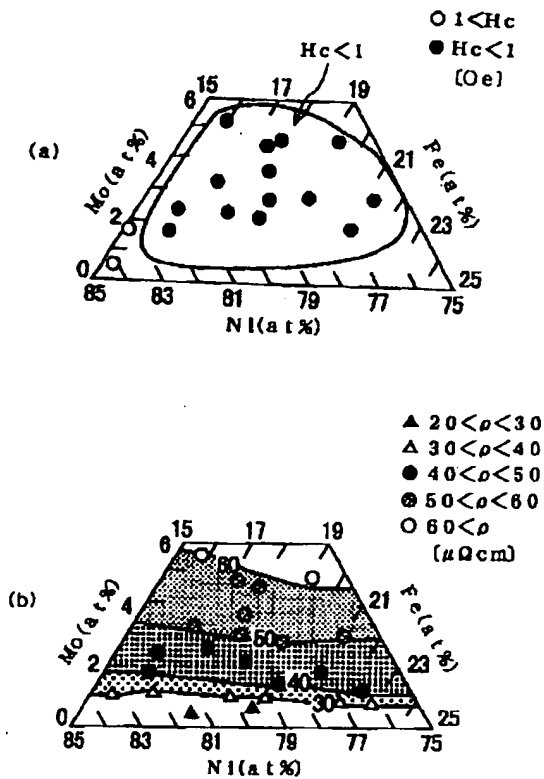


材料は50NiFe(λ&gt;0)使用

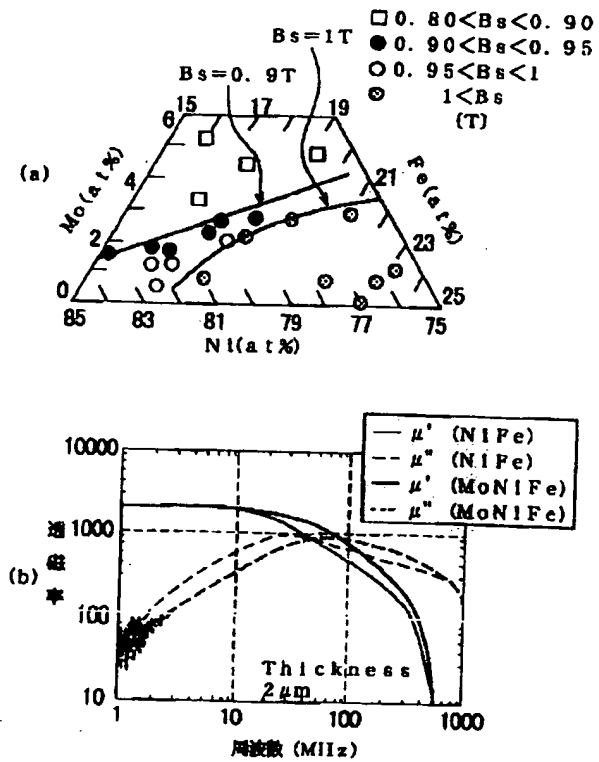
(x1&gt;y1, λ&gt;0, σ&gt;0) 1

理想的な磁区構造モデル

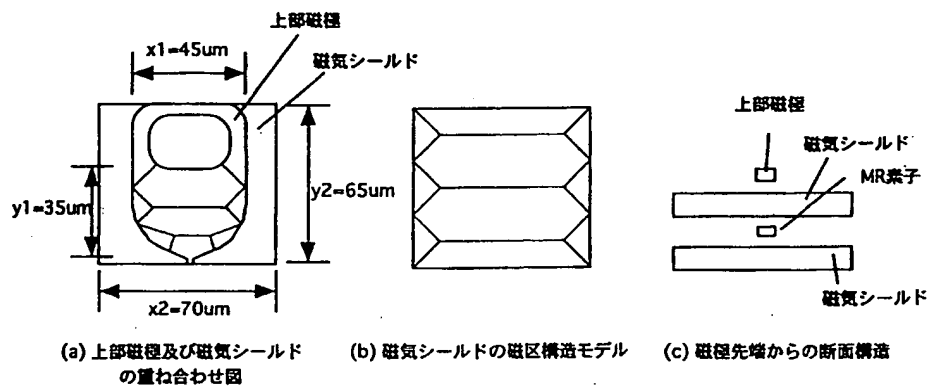
【図3】

保磁力 $H_c$ と比抵抗 $\rho$ のNiFeMo組成依存性の説明図

【図4】

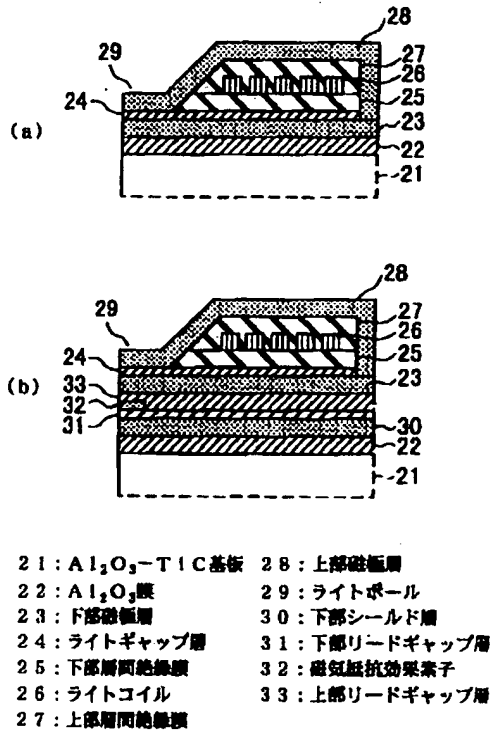
飽和磁束密度 $B_s$ と透磁率特性のNiFeMo組成依存性の説明図

【図11】

磁極、シールド材は全て80NiFe( $\lambda > 0$ )(複合型MRヘッドへの適用例。  $x1 > y1$ ,  $x2 > y2$ ,  $\lambda > 0$ ,  $\sigma > 0$ )

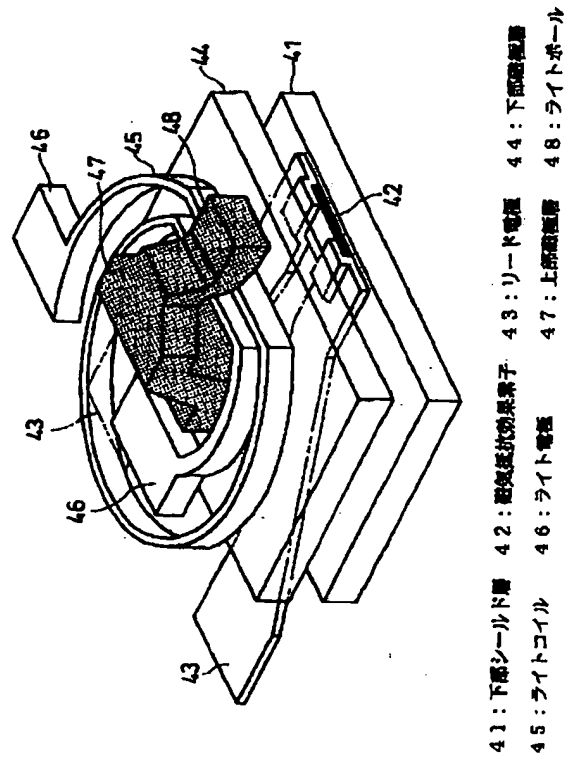
【図5】

本発明の第1及び第2の実施の形態の  
薄膜磁気ヘッド概略的断面図

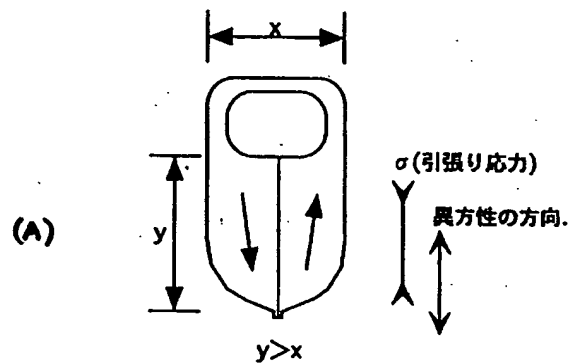


【図6】

従来の複合型薄膜磁気ヘッドの要部透視斜視図

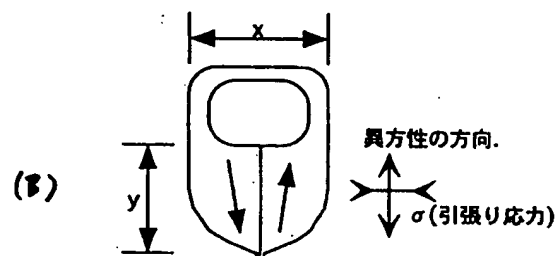


【図9】



$\lambda > 0$  (50NiFeなど)

カー顕微鏡による磁区観察例1  
( $y > x, \lambda > 0, \sigma > 0$ )



材料は82NiFe( $\lambda < 0$ )使用

カー顕微鏡による磁区観察例2  
( $x > y, \lambda < 0, \sigma > 0$ )

フロントページの続き

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>  
H01F 10/14

識別記号

F I  
H01F 10/14

タームコード (参考)

(72) 発明者 三宅 裕子  
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

Fターム (参考) 5D033 BA03 BB43  
5D034 BA02 BB08 BB12  
5E041 AA17 CA05 CA06 NN00 NN01  
NN12 NN13 NN15

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-235911

(43)Date of publication of application : 29.08.2000

---

(51)Int.Cl. H01F 1/147  
C22C 19/03  
G11B 5/31  
G11B 5/39  
H01F 10/14

---

(21)Application number : 11-308827

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 29.10.1999

(72)Inventor : ODAGIRI MITSURU  
TAKEFUSA SANAE  
MIYAKE HIROKO

(30)Priority

Priority number : 10354305 Priority date : 14.12.1998 Priority country : JP

---

**(54) MAGNETIC MATERIAL, MAGNETIC HEAD USING THE SAME AND MAGNETIC RECORDING DEVICE**

**(57)Abstract:**

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain yet superior high frequency characteristic, facilitate formation of a satisfactory magnetic domain structure which does not require heat treatment, improve high-frequency characteristic and magnetic recording capability and enable improvement in high frequency characteristic and high recording density of a thin-film magnetic head, in a magnetic head composed of a NiFeMo alloy.

SOLUTION: In a magnetic material composed of Ni, Fe and Mo, a composition ratio of Ni, Fe and Mo is set with Ni of 77-82 at%, Fe of 15-21 at%, Mo of less than 6 at%, and magnetostriction constant  $\lambda_s$  is selected so as to be in the range of  $-1 \times 10^{-6} \leq \lambda_s \leq 1 \times 10^{-6}$ . It is desirable that the composition ratio of Ni, Fe and Mo be so selected that coercive force  $H_c$  of this magnetic material be set  $H_c \leq 1$  Oe.

---

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**


---

[Claim(s)]

[Claim 1] In the magnetic material which consists of nickel, Fe, and Mo, it is [ ratio / composition / of NiFeMo / nickel ] under 6 atom % about 15 to 21 atom %, and Mo in 77 to 82 atom %, and Fe, and is magnetostriction constant  $\lambda_{ds}$ . Magnetic material characterized by choosing it as the range used as  $-1 \times 10^{-6} \leq \lambda_{ds} \leq 0$ .

[Claim 2] Coercive force  $H_c$  of the above-mentioned magnetic material Magnetic material according to claim 1 characterized by choosing the composition ratio of NiFeMo so that it may be set to  $H_c \leq 10e$ .

[Claim 3] The magnetic material according to claim 1 or 2 characterized by choosing the composition ratio of NiFeMo so that the specific resistance  $\rho$  of the above-mentioned magnetic material may be set to  $\rho \geq 20 \text{ microhm-cm}$ .

[Claim 4] Saturation magnetic flux density  $B_s$  of the above-mentioned magnetic material Magnetic material given in the claim 1 characterized by choosing the composition ratio of NiFeMo so that it may be set to  $B_s \geq 0.8T$ , or any 1 term of 3:

[Claim 5] The magnetic head characterized for the configuration which has compressive stress for a magnetic pole layer by nothing and constituting using the magnetic material of a publication in a claim 1 or any 1 term of 4.

[Claim 6] In the magnetic material which consists of nickel, Fe, and Mo, it is [ ratio / composition / of NiFeMo / nickel ] under 6 atom % about 15 to 21 atom %, and Mo in 77 to 82 atom %, and Fe, and is magnetostriction constant  $\lambda_{ds}$ . Magnetic material characterized by choosing it as the range used as  $0 \leq \lambda_{ds} \leq 1 \times 10^{-6}$ .

[Claim 7] Coercive force  $H_c$  of the above-mentioned magnetic material Magnetic material according to claim 6 characterized by choosing the composition ratio of NiFeMo so that it may be set to  $H_c \leq 10e$ .

[Claim 8] The magnetic material according to claim 6 or 7 characterized by choosing the composition ratio of NiFeMo so that the specific resistance  $\rho$  of the above-mentioned magnetic material may be set to  $\rho \geq 20 \text{ microhm-cm}$ .

[Claim 9] Saturation magnetic flux density  $B_s$  of the above-mentioned magnetic material Magnetic material given in the claim 6 characterized by choosing the composition ratio of NiFeMo so that it may be set to  $B_s \geq 0.8T$ , or any 1 term of 8.

[Claim 10] The magnetic head characterized for the configuration which has a tensile stress for a magnetic pole layer by nothing and constituting using the magnetic material of a publication in a claim 6 or any 1 term of 9.

[Claim 11] The magnetic head characterized by constituting a magnetic-shielding layer using the magnetic material of a publication in a claim 1, 4, a claim 6, or any 1 term of 9.

[Claim 12] The magnetic recording medium using the magnetic head given in either of the claims 5, 9, and 11.

---

[Translation done.]



## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

## [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] Especially this invention relates to the magnetic material which has the feature in the composition for improving the RF property of the induction-type head which constitutes the compound-die thin film magnetic head used for a magnetic recording medium or magnetic tape units, such as a hard disk drive (HDD), etc., and an MR head about a magnetic material, the magnetic head, and a magnetic recording medium, the magnetic head, and a magnetic recording medium.

[0002]

[Description of the Prior Art] In recent years, in connection with a rise of the request of the miniaturization of the hard disk drive unit which is the external storage of a computer, and large-capacity-izing, record frequency amounts to 100MHz (108 Hz), and is utterly. The stratification is carried out in piles one by one at a series of coat process so that it can respond to high-density record in a pitch narrow to the writing from a magnetic-recording medium, and read-out that it is a usual state for the read head the write head for record and for reproduction to be separately arranged for the magnetic head which bears the writing of record data and read-out in such a magnetic recording medium, and for it to be united, and to be constituted, and it should correspond, and a gap may put a recording head and a read head in order that it is few and

[0003] Such an up magnetic pole layer of the thin film magnetic head explains briefly an example of the conventional compound-die thin film magnetic head with reference to drawing 6 here, although the permalloy alloy of the nickel82Fe18 grade really formed with mask plating is used in many cases.

Drawing 6 reference drawing 6 is the important section transillumination perspective diagram having shown typically the conventional compound-die thin film magnetic head. On the aluminum2 O3-TiC substrate (not shown) used as the parent of a slider The lower shield layer 41 which consists of a NiFe alloy etc. through 2Oaluminum3 film (not shown) is formed. aluminum 2O3 etc., after forming the magnetoresistance-effect element 42 which consists of a laminated structure of NiFe, Ti, and NiFeCr etc. through a lower lead gap layer (not shown) and carrying out patterning to a predetermined configuration The electric conduction film which consists of Au etc. is made to deposit on the ends of the magnetoresistance-effect element 42, and the lead electrode 43 is formed.

[0004] subsequently -- again -- aluminum 2O3 The lower magnetic pole layer 44 which serves as the up shield layer which consists of a NiFe alloy etc. through an up lead gap layer (not shown) is formed. etc. -- moreover -- aluminum 2O3 etc. -- from, while forming the light level spiral-like coil 45 through lower layer insulation films (not shown), such as a resist, after preparing the becoming light gap layer (not shown) The up magnetic pole layer 47 of the configuration where formed the light electrode 46 in the ends, and the light pole 48 of \*\*\*\* was subsequently formed at the nose of cam through the up layer insulation film (not shown) which consists of a resist etc. is formed. Subsequently, it is aluminum 2O3 to the whole surface. After preparing a film and considering as a protective coat (not shown), The object for reproduction which used the magnetoresistance-effect element 42 by performing slider processing including

the grinding for cutting a substrate and adjusting the length of the light pole 48, i.e., the depth of gap, polish, etc., i.e., the MR head for a lead, The compound-die thin film magnetic head which composite-ized the object for record, i.e., the thin film magnetic head of the induction type for lights, is obtained. In this case, the magnetic flux generated by passing the signal current in the light coil 45 from the light electrode 46 will be led to the magnetic pole core which consists of a lower magnetic pole layer 44 and an up magnetic pole layer 47, magnetic flux will leak and come out of it outside with the record gap formed of a light gap layer in the about 48 light pole at the nose of cam of the up magnetic pole layer 47, and a signal will be recorded on a record medium. Moreover, conversely, the magnetic flux from a record medium can be detected with a magnetic pole core, a signal can also be reproduced, the width of face of the light pole 48 at the nose of cam of the up magnetic pole layer 47 turns into the width of recording track, and field recording density is prescribed by this width of recording track.

[0005] On the other hand, the reproduction principle in an MR head uses the phenomenon in which the electric resistance of the magnetic thin film which constitutes the magnetoresistance-effect element 42 changes with the magnetic fields from a record medium, when fixed sense current is passed from the lead electrode 43.

[0006] However, there is a problem that the shielding effect and magnetic-recording capacity over the magnetic field noise and drive magnetic field of the frequency of 10MHz - 10MHz of numbers in a magnetic-shielding layer, or the upper part and a lower magnetic pole layer in the compound-die thin film magnetic head decline greatly, and tend to cause poor record for an eddy current loss. This is for an eddy current loss's becoming large as it becomes a RF, and causing the fall of the record magnetic field strength by the skin effect. What is necessary is just to make specific resistance  $\rho$  high, since an eddy current loss is in the relation between specific resistance  $\rho$  and an inverse proportion in order to suppress such an eddy current loss.

[0007] namely, eddy current loss  $W_e$  per [ which flows the magnetic substance when a coil is twisted around the pillar-like magnetic substance of radius  $t$  [m] and coil current is passed ] unit volume They are frequency and  $B_m$  about the radius of a magnetic thin film, i.e., thickness, and  $f$  [MHz] in  $\tau$  [m]. When  $[Wb/m^2]$  was made into intensity of magnetization and  $\rho$  [ $\Omega\cdot m$ ] is made into specific resistance  $W_e = \pi^2 \cdot \tau^2 \cdot f^2 \cdot B_m^2 / 4\rho \dots (1)$ ,

Since it is come out and expressed, if specific resistance  $\rho$  is large, or if a radius  $\tau$  is small, it is an eddy current loss  $W_e$ . It becomes small.

[0008] Moreover, threshold frequency  $f_g$  They are specific resistance and  $t$  about  $\rho$  The thickness of a magnetic film, and  $\mu_0$  Space permeability and  $\mu_d$  When it considers as the permeability of a magnetic film  $f_g = 4\rho / (\pi \cdot \mu_0 \text{ and } \mu_d \text{ and } t^2) \dots (2)$ ,

Since it is come out and expressed, if specific resistance  $\rho$  is large, or if thickness  $t$  is small, it is threshold frequency  $f_g$ . It becomes large.

[0009] However, since itself consists of permalloys of nickel82Fe18 grade, specific resistance  $\rho$  is as small as about 20 micro $\Omega\cdot cm$ , and since it is really by plating formed by the comparatively thick film of formation,  $\tau$  or  $t$  becomes large, and the conventional up magnetic pole layer 47 and the conventional light pole 48 are an eddy current loss  $W_e$ . It is surely large and is threshold frequency  $f_g$ . There is a problem of surely becoming small.

[0010] On the other hand, if thickness  $t$  of a magnetic film is made thin, it will be an eddy current loss  $W_e$ . It is small and is threshold frequency  $f_g$ . Although it can enlarge, when it does so, the problem that the amount of total magnetic flux decreases will arise.

[0011] In order to solve such a problem, it is proposed that development of quantity  $\rho$  magnetic pole material is furthered from the permalloy of nickel82Fe18 grade, have magnetic properties almost equivalent to a permalloy, and specific resistance  $\rho$  uses the NiFeMo alloy film of  $\rho \geq 20 \mu\Omega\cdot cm$  as a RF magnetic pole material (refer to JP,9-63016,A, if required).

[0012]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, the NiFeMo alloy film concerning an above-mentioned proposal is magnetostriction constant  $\lambda_{ds}$ . It is large by the forge fire exceeding  $5 \times 10^{-6}$ , and 180 degrees C - 300 degrees C heat treatment is needed for magnetic-domain control, and there is a problem that there is a possibility of having a bad influence on the

magnetoresistance-effect element from which this heat treatment constitutes the reproduction section formed before magnetic pole formation.

[0013] That is, in order to make high the permeability of the magnetic pole layer of the thin film magnetic head, it is magnetostriction constant  $\lambda_{sd}$ . It is necessary to make it small (if required work besides Matsumoto, "magnetic-recording engineering", 179, Kyoritsu shuppan Co., Ltd. \*\*\*\*\*). to near the nose of cam of a magnetic pole [ p. ] That is, magnetic flux can be spread by spin rotation in a hexagon-head magnetic domain by performing magnetic-domain control so that a hexagon-head magnetic domain may be formed to near the light pole, and the reversible magnetization process excellent in high-frequency response can be produced.

[0014] Here, the case of the up magnetic pole layer of a conventionally general configuration is taken up, and the ideal magnetic-domain structure in an up magnetic pole layer is explained with reference to drawing 7.

Drawing 7 reference drawing 7 is the plan of the up magnetic pole layer 47, and the magnetization direction shown by the arrow in drawing is wanted to flow back through the triangular magnetic domain 51 from which the hexagon-head magnetic domain 50 used as the main magnetic domain turns into a reflux magnetic domain which was formed even in the about 48 light pole, and was adjoined and formed in the hexagon-head magnetic domain 50 as ideal magnetic-domain structure.

[0015] As mentioned above, in order to raise the RF property of magnetic pole material, it is raise in specific resistance, and magnetostriction constant  $\lambda_{sd}$ . Three points of minute-izing and magnetic-domain control are important, and it is necessary to skip the process which does a bad influence for the magnetoresistance-effect element which constitutes the reproduction section formed before magnetic pole formation of heat treatment etc.

[0016] Therefore, in a magnetic material, the magnetic head, or a magnetic device, this invention aims at forming good magnetic-domain structure, without requiring heat treatment while it improves a RF property by controlling the composition ratio of NiFeMo.

[0017]

[Means for Solving the Problem] Drawing 1 is explanatory drawing of the theoretic composition of this invention, and explains the The means for solving a technical problem in this invention with reference to this drawing 1.

[0018] In addition, drawing 1 is the composition diagram showing the suitable NiFeMo composition range.

In the magnetic material which the drawing 1 reference this invention becomes from (1) nickel, and Fe and Mo 15 - 21 atom % and Mo for 77 - 82 atom % and Fe under by 6 atom % [ the composition ratio of NiFeMo ] [ nickel ] And magnetostriction constant  $\lambda_{sd}$  In choosing it as the range used as  $s \leq 0$  or  $-1 \times 10^{-6} \leq \lambda_{sd}$  (2) nickel, and the magnetic material that consists of Fe and Mo It is [ ratio / composition / of NiFeMo / nickel ] under 6 atom % about 15 to 21 atom %, and Mo in 77 to 82 atom %, and Fe, and is magnetostriction constant  $\lambda_{sd}$ . It is characterized by choosing it as the range used as  $0 \leq \lambda_{sd} \leq 1 \times 10^{-6}$ .

[0019] The magnetic material chosen on condition that (1) among the above is suitable as a magnetic pole layer of the general write head of a configuration which has compressive stress. The magnetic material chosen on condition that (2) on the other hand is suitable as a magnetic pole layer of the write head of a configuration which has hauling stress.

[0020] When the magnetic material of high permeability which was excellent in the RF property by controlling the composition ratio of NiFeMo can be obtained so that the above conditions may be fulfilled, and an up magnetic pole layer is constituted from a magnetic material film of such a composition ratio, speaking of the magnetic material of the conditions of (1), the magnetic-domain structure near the ideal in which the hexagon-head magnetic domain was formed to near the point of an up magnetic pole layer is acquired.

[0021] (3) Moreover, set to the above (1) and (2) and this invention is the coercive force  $H_c$  of a magnetic material. It is characterized by choosing the composition ratio of NiFeMo so that it may be set to  $H_c \leq 1 \text{ Oe}$ .

[0022] Thus, coercive force  $H_c$  of a magnetic material By choosing the composition ratio of NiFeMo so that it may be set to  $H_c \leq 1 \text{ Oe}$ , the same outstanding \*\*\*\*\* as a permalloy

required for a magnetic pole layer can be obtained.

[0023] (4) Moreover, this invention is characterized by choosing the composition ratio of NiFeMo so that the specific resistance  $\rho$  of a magnetic material may be set to  $\rho \geq 20 \mu\Omega\text{cm}$  in either of above-mentioned (1) - (3).

[0024] Thus, by choosing the composition ratio of NiFeMo so that the specific resistance  $\rho$  of a magnetic material may be set to  $\rho \geq 20 \mu\Omega\text{cm}$ , the magnetic material of high specific resistance can be obtained from the permalloy of the conventional nickel82Fe18 grade, and it is We about an eddy current loss by it. It is small and is threshold frequency  $f_g$ . It can enlarge.

[0025] (5) Moreover, set to either of above-mentioned (1) - (4), and this invention is the saturation magnetic flux density  $B_s$  of a magnetic material. It is characterized by choosing the composition ratio of NiFeMo so that it may be set to  $B_s \geq 0.8\text{T}$ .

[0026] Thus, saturation magnetic flux density  $B_s$  of a magnetic material By choosing the composition ratio of NiFeMo so that it may be set to  $B_s \geq 0.8\text{T}$ , it can consider as saturation magnetic flux density of the same grade as a permalloy, therefore record magnetic field strength of the same grade as a permalloy can be maintained.

[0027] (6) Moreover, this invention is characterized by constituting a magnetic pole layer using one magnetic material of above-mentioned (1) - (5) in the magnetic head.

[0028] Thus, using one magnetic material of above-mentioned (1) - (5), a magnetic pole layer and by constituting an up magnetic pole layer especially, the magnetic-domain structure near [ to / near the point of an up magnetic pole layer ] an ideal is acquired, and the thin film magnetic head or the compound-die thin film magnetic head of the induction type which has the RF property which was excellent with it can be realized.

[0029] (7) Moreover, this invention is characterized by constituting a magnetic-shielding layer using one magnetic material of above-mentioned (1) - (4) in the magnetic head.

[0030] Thus, by constituting the magnetic-shielding layer which puts a magnetoresistance-effect element using one magnetic material of above-mentioned (1) - (4), the shielding effect to the magnetic field noise and drive magnetic field of high frequency can be kept good, and the MR head for reproduction or the compound-die thin film magnetic head which has the RF property which was excellent with it can be realized.

[0031] (8) Moreover, this invention is characterized by constituting a magnetic-shielding layer using the magnetic material of the above (1) or either of (4) in a magnetic device.

[0032] Thus, the use of a magnetic-shielding layer is not restricted to the magnetic head, and can be used in magnetic-measurement equipment etc. also as a magnetic-shielding layer for shielding the external magnetic field used as a noise.

[0033]

[Embodiments of the Invention] Below in [the magnetic pole layer of the general write head of a configuration which has the 1st embodiment - compressive stress], although the thin film magnetic head of the form of operation of this invention is explained, first of all with reference to drawing 2 or drawing 4, the NiFeMo composition dependency of many magnetic properties in a NiFeMo (nickel-iron-molybdenum) alloy film is explained. Illustrating as the first embodiment is about the case of the magnetic pole layer of the write head which carried out the form where the antenna-like part which should serve as a light port was added to the five-cornered (configuration by which the triangle was added to one side of parallelograms, such as a square) vertex of the shape of the home base generally known.

[0034] The NiFeMo alloy film in this case forms membranes with electrolysis plating used for the manufacture method of the usual magnetic pole layer, it is referred to as 1-3 micrometers as thickness, the magnetic field of 400 [Oe] is only impressed as membrane formation conditions at the time of membrane formation, and special processing is omitted. In addition, the composition ratio of the chemical to be used etc. is as having indicated the detail of the membranous formation method to Japanese Patent Application No. No. 220011 [ ten to ]. If outline explanation is given, a NiFeMo (nickel-iron-molybdenum) alloy film will be formed with electroplating using the plating bath which contains the organic acid which is the salt of nickel ion, Fe ion, Mo ion, a hydroxy acid, or a hydroxy acid, for example. In this case, concentration of the aforementioned organic acid under plating bath is made into 0.001 or more mol/l, and is made

into three to 20 times of the concentration of the aforementioned Mo ion under plating bath.

Drawing 2 (a) reference drawing 2 (a) is magnetostriction constant  $\lambda_{100}$ . It is drawing showing the measurement result of a NiFeMo composition dependency, and is magnetostriction constant  $\lambda_{100}$ . The optical-lever method was used on the occasion of measurement.

[0035] It is magnetostriction constant  $\lambda_{100}$  as nickel composition ratio increases so that clearly from drawing, and as Mo composition ratio decreases. If it falls, nickel composition ratio is set to  $\lambda_{100} = 0$  [ near the about 80 atom % (at%) ] and nickel composition ratio increases more than it, it is magnetostriction constant  $\lambda_{100}$ . If it becomes negative and nickel composition ratio becomes less than it, it is magnetostriction constant  $\lambda_{100}$ . It just becomes.

Drawing 2 (b) reference drawing 2 (b) is about  $\lambda_{100} = 0$ , and has a negative value. It is drawing showing magnetic-domain structure when Mo composition ratio forms the up magnetic pole layer 11 with the NiFeMo alloy film of about 2.0 atom %. Copy the state where microscope observation of the result was carried out, using the BITTA method make the magnetic domain wall 13 of the boundary of a magnetic domain collect the colloid of an iron oxide, and so that clearly from drawing It was observed that it is in the state near ideal magnetic-domain structure even if the hexagon-head magnetic domain 14 is constituted to near the light pole 12 and it does not add special heat treatment.

Drawing 2 (c) reference drawing 2 (c) is about  $\lambda_{100} = 0$ , and has a positive value. Are drawing showing magnetic-domain structure when Mo composition ratio forms the up magnetic pole layer 11 with the NiFeMo alloy film of about 2.5, copy the state where microscope observation of the result similarly depended on the BITTA method was carried out, and so that clearly from drawing there are few hexagon-head magnetic domains 14 as a whole, and a large majority of magnetic domains constitute by the triangular magnetic domain 15 — having — \*\*\*\* — things — it was observed and was not desirable magnetic-domain structure

[0036] therefore, in order to form the up magnetic pole layer 11 which has good magnetic-domain structure, without adding heat treatment special [ for magnetic-domain control ] Magnetostriction constant  $\lambda_{100}$  It is necessary to choose the composition ratio of the range used as  $\lambda_{100} \leq 0$  and, and is magnetostriction constant  $\lambda_{100}$ . When it is negative, when the absolute value is large Since a good magnetic domain is not obtained, it is necessary to choose the composition ratio of NiFeMo as the whole, so that it may be set to  $-1 \times 10^{-6}$   $\leq \lambda_{100} \leq 0$  so that it may be set to  $\lambda_{100} \geq -1 \times 10^{-6}$ .

Drawing 3 (a) reference drawing 3 (a) is coercive force  $H_c$ . It is drawing showing the measurement result of a NiFeMo composition dependency, and is coercive force  $H_c$ . On the occasion of measurement, the VSM (Vibrating Sample Magnetometer: oscillating sample type magnetometer) method was used.

[0037] the range surrounded as the solid line so that clearly from drawing —  $H_c$  — < — since it is set to 1 [Oe], in order to obtain the magnetic film of  $H_c \leq 1$  [Oe] — 75at% —  $\leq$  nickel composition ratio —  $\leq 83\text{at}\% 15\text{at}\%$  —  $\leq$  Fe composition ratio —  $\leq 22\text{at}\% 0\text{at}\%$  — it may be necessary to be  $\leq$  Mo composition ratio  $\leq 6\text{at}\%$

Drawing 3 (b) reference drawing 3 (b) is drawing showing the measurement result of the NiFeMo composition dependency of specific resistance  $\rho$ , and 4 terminal method was used for it on the occasion of measurement of specific resistance  $\rho$ .

[0038] Although specific resistance  $\rho$  increased with the increase in Mo composition ratio so that clearly from drawing, in the range shown in drawing, specific resistance  $\rho$  was set to  $\rho \geq 20 \text{ microhm-cm}$  in all composition ratios, and it was checked that it can be made high specific resistance from a permalloy.

Drawing 4 (a) reference drawing 4 (a) is saturation magnetic flux density  $B_s$ . It is drawing showing the measurement result of the NiFeMo composition dependency of  $\rho$ , and is saturation magnetic flux density  $B_s$ . In the case of measurement, it is coercive force  $H_c$ . The VSM method was used like measurement.

[0039] It is saturation magnetic flux density  $B_s$  so that clearly from drawing. It is set to  $B_s \geq 0.8 \text{ T}$  in the range shown in drawing although there was an inclination for there to be an inclination which increases with the increase in Fe composition ratio, and to fall with the increase in nickel composition ratio, and is the saturation magnetic flux density  $B_s$  of the same

grade as a permalloy. Being obtained was checked.

Drawing 4 (b) reference drawing 4 (b) is nickel80Fe17.5Mo2.5 used as magnetostriction constant  $\lambda_{ds} = -5 \times 10^{-7}$ , coercive force  $H_c = 0.50\text{Oe}$ , specific resistance  $\rho = 47\text{microhm/cm}$ , and saturation-magnetic-flux-density  $B_s = 0.95\text{T}$ . It is drawing showing the measurement result of the permeability at the time of forming permalloy nickel80Fe20 in thickness of 2 micrometers.

[0040] if nickel80Fe20 exceeds about 20MHz so that clearly from drawing — nickel80Fe17.5Mo2.5 although it will become 1000 or less if effective-permeability  $\mu'$  begins to fall and about 40MHz is exceeded — nickel80Fe17.5Mo2.5 In the case, effective-permeability  $\mu'$  is over 1000 to the range of about about 70MHz, and improvement in the permeability of a 100MHz band was checked.

[0041] In addition,  $\mu''$  is invalid permeability.

[0042] If the above result is summarized, in order to form the magnetic film of a good RF property with a NiFeMo alloy film a NiFeMo composition ratio — 75at% —  $\leq$ nickel composition ratio —  $\leq 83\text{at}\%15\text{at}\%$  —  $\leq$ Fe composition ratio —  $\leq 22\text{at}\%0\text{at}\%$ , if it becomes a requirement to consider as  $\leq$ Mo composition ratio  $\leq 6\text{at}\%$  and safety is expected more 77at(s)% —  $\leq$ nickel composition ratio —  $\leq 82\text{at}\%15\text{at}\%$  —  $\leq$ Fe composition ratio —  $\leq 21\text{at}\%0\text{at}\%$  — it is desirable to consider as  $\leq$ Mo composition ratio  $\leq 6\text{at}\%$

[0043] Moreover, it is magnetostriction constant  $\lambda_{ds}$  so that clearly from drawing 2, in order to acquire the magnetic-domain structure near an ideal within the limits of the above-mentioned composition ratio. It becomes a requirement to be referred to as  $-1 \times 10^{-6} \leq \lambda_{ds} \leq 0$ .

[0044] furthermore, such conditions — in addition, the above-mentioned terms and conditions in order to acquire a good RF property certainly — adding — coercive force  $H_c$ , specific resistance  $\rho$ , and saturation magnetic flux density  $B_s$  —  $H_c \leq 1\text{Oe}$   $\rho \geq 20\text{microhm/cm}$   $B_s$  It is desirable to choose the composition ratio of NiFeMo so that at least one of  $\geq 0.8\text{T}$  conditions may be filled.

[0045] Next, the form of the 1st and operation of the 2nd of this invention about the concrete composition of the thin film magnetic head using the NiFeMo alloy film of the composition ratio of the above-mentioned range or the compound-die thin film magnetic head is explained with reference to drawing 5.

[0046] In addition, the magnetic-substance film in this case is nickel80Fe17.5Mo2.5 used here on the occasion of measurement of the permeability of drawing 4 (b) although what thing could be used as long as it was the composition ratio which fulfills the above-mentioned terms and conditions. It used.

[0047] Therefore, magnetostriction constant  $\lambda_{ds}$  of the magnetic-substance film in this case, coercive force  $H_c$ , specific resistance  $\rho$ , and saturation magnetic flux density  $B_s$  It is set to  $\lambda_{ds} = -5 \times 10^{-7}$ ,  $H_c = 0.50\text{Oe}$ ,  $\rho = 47\text{microhm/cm}$ , and  $B_s = 0.95\text{T}$  as mentioned above. Drawing 5 (a) reference drawing 5 (a) is the rough important section cross section of the thin film magnetic head of the induction type of the form of operation of the 1st of this invention. First, on the aluminum2 O3-TiC substrate 21 used as the parent of a slider aluminum 2O3 A film 22 is minded. 50–100Å in thickness, 50Å Ta layer, And by applying and carrying out patterning of the resist film, after forming the plating base layer (not shown) which consists of 1000Å or less in thickness, and a 500Å NiFe alloy The resist mask (not shown) which has predetermined opening is formed, and the lower magnetic pole layer 23 in which it is thin with electrolysis plating from nickel80Fe17.5Mo2.5 2.5–4.0 micrometers, for example, 3.0 micrometers, alloy is formed. subsequently After removing a resist mask, the outcrop of a plating base layer is removed by the ion milling method using Ar ion.

[0048] By the sputtering method, 0.2–0.6 micrometers in subsequently, thickness For example, after making 0.4-micrometer aluminum 2O3 deposit and considering as the light gap layer 24, the lower layer insulation film 25 with which it is thin from a 3.0–4.0 micrometers, for example, 3.5 micrometers, resist is minded. When thickness prepares and carries out patterning of the 2.5–4.0 micrometers, for example, 3.0 micrometers, Cu film The light flat-surface spiral-like coil 26 around which the connection of the up magnetic pole layer 28 formed behind and the lower magnetic pole layer 23 is wound two or more times, and the light electrode of the ends are

formed. subsequently Again, thickness forms the up layer insulation film 27 which consists of a 3.0–4.0 micrometers, for example, 3.5 micrometers, resist, and covers the light coil 26.

[0049] In addition, the thickness of the light gap layer 24 in this case becomes the interval of a magnetic gap, i.e., gap length.

[0050] 1000Å or less in 50–100Å in thickness, 50Å Ti layer, and thickness and a 500Å NiFe film are formed one by one by the sputtering method, and a plating base layer (not shown) is formed. subsequently, subsequently After applying a resist layer, the resist mask (not shown) which has opening of the configuration corresponding to the up magnetic pole layer 28 by exposing and developing negatives is prepared, and this resist mask is used as a mask. with electrolysis plating The up magnetic pole layer 28 from which it was [ layer ] thin from nickel<sub>80</sub>Fe<sub>17.5</sub>Mo<sub>2.5</sub> 2.0–4.0 micrometers, for example, 3.0 micrometers, alloy, and the point became the light pole 29 of \*\*\*\* is formed.

[0051] After removing a resist mask, the outcrop of a plating base layer is removed by giving ion milling using Ar ion. subsequently, subsequently A substrate is cut, after preparing 2Oaluminum<sub>3</sub> film in the whole surface and considering as a protective coat (not shown). By performing slider processing including the grinding for adjusting the length of the light pole 29, i.e., the depth of gap, polish, etc., it excels in a RF property and the thin film magnetic head of the induction type of high recording density is completed.

[0052] In the gestalt of this 1st operation, as the lower magnetic pole layer 23 and an up magnetic pole layer 28, since nickel<sub>80</sub>Fe<sub>17.5</sub>Mo<sub>2.5</sub> alloy is used, it can consider as the magnetic-domain structure near the ideal in which the thin film magnetic head excellent in the RF property could be constituted, and the hexagon-head magnetic domain was formed to near the light pole 29 in the up magnetic pole layer 28.

Drawing 5 (b) reference drawing 5 (b) is the rough important section cross section of the compound-die thin film magnetic head of the gestalt of operation of the 2nd of this invention. 2Oaluminum<sub>3</sub> film 22 is minded on the aluminum<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–TiC substrate 21 used as the parent of a slider. first, thickness The lower shield layer 30 which consists of nickel<sub>80</sub>Fe<sub>17.5</sub>Mo<sub>2.5</sub> 2.0–4.0 micrometers, for example, 3.0 micrometers, alloy is formed. After forming the magnetoresistance-effect element 32 which consists of a laminated structure of NiFe, Ti, and NiFeCr etc. through the consisting [ of aluminum <sub>2</sub>O<sub>3</sub> ] lower lead gap layer 31 and carrying out patterning to a predetermined configuration, The electric conduction film which consists of Au etc. is made to deposit on the ends of the magnetoresistance-effect element 32, a lead electrode (not shown) is formed, and, subsequently the up lead gap layer 33 which consists of aluminum <sub>2</sub>O<sub>3</sub> is formed again.

[0053] Like the gestalt of the 1st operation of the above henceforth on the up lead gap layer 32 By applying and carrying out patterning of the resist film, after forming the plating base layer (not shown) which consists of 1000Å or less in 50–100Å in thickness, 50Å Ta layer, and thickness, and a 500Å NiFe alloy The resist mask (not shown) which has predetermined opening is formed. with electrolysis plating thickness The lower magnetic pole layer 23 which serves as the up shield layer which consists of nickel<sub>80</sub>Fe<sub>17.5</sub>Mo<sub>2.5</sub> 2.5–4.0 micrometers, for example, 3.0 micrometers, alloy is formed. subsequently After removing a resist mask, the outcrop of a plating base layer is removed by the ion milling method using Ar ion.

[0054] By the sputtering method, 0.2–0.6 micrometers in subsequently, thickness For example, after making 0.4-micrometer aluminum <sub>2</sub>O<sub>3</sub> deposit and considering as the light gap layer 24, the lower layer insulation film 25 with which it is thin from a 3.0–4.0 micrometers, for example, 3.5 micrometers, resist is minded. When thickness prepares and carries out patterning of the 2.5–4.0 micrometers, for example, 3.0 micrometers, Cu film The light electrode which makes the light coil 26 of the shape of a flat-surface spiral which rolls the connection of the up magnetic pole layer 28 formed behind and the lower magnetic pole layer 23 two or more times, and its ends is formed. subsequently Again, thickness forms the up layer insulation film 27 which consists of a 3.0–4.0 micrometers, for example, 3.5 micrometers, resist, and covers the light coil 26.

[0055] 1000Å or less in 50–100Å in thickness, 50Å Ti layer, and thickness and a 500Å NiFe film are formed one by one by the sputtering method, and a plating base layer (not shown) is formed. subsequently, subsequently After applying a resist layer, the resist mask (not shown) which has

opening of the configuration corresponding to an up magnetic pole layer by exposing and developing negatives is prepared, and this resist mask is used as a mask. with electrolysis plating The up magnetic pole layer 28 from which it was [ layer ] thin from nickel80Fe17.5Mo2.5 2.0-4.0 micrometers, for example, 3.0 micrometers, alloy, and the point became the light pole 29 of \*\*\*\* is formed.

[0056] After removing a resist mask, the outcrop of a plating base layer is removed by giving ion milling using Ar ion. subsequently, subsequently A substrate is cut, after preparing 2Oaluminum3 film in the whole surface and considering as a protective coat (not shown). By performing slider processing including the grinding for adjusting the length of the light pole 29, i.e., the depth of gap, polish, etc., it excels in a RF property and the compound-die thin film magnetic head of high recording density is completed.

[0057] In the gestalt of this 2nd operation, since the magnetoresistance effect element 32 which constitute the MR head section for reproduction be pinch by the lower magnetic pole layer 23 used as the lower shield layer 31 and up shield layer which consist of nickel80Fe17.5Mo2.5 alloy, it become possible to keep good the shielding effect to about 100MHz the magnetic field noise and drive magnetic field of a RF, and can expect making re-biodegradation ability high by it.

[0058] Moreover, since the up magnetic pole layer 28 also uses and constitutes nickel80Fe17.5Mo2.5 alloy also in this case Since it can consider as the magnetic-domain structure near the ideal in which the hexagon-head magnetic domain was formed to near the light pole 29 and heat treatment after formation of the magnetoresistance-effect element 32 becomes unnecessary by it, without heat-treating special RF record is attained not having a bad influence on the magnetoresistance-effect element 32 which constitutes the MR head section for reproduction, and maintaining a high reproduction output.

The case where replaced with the configuration which has the compressive stress known by the general \*\*\*\* target which illustrated the flat-surface configuration of [the magnetic pole layer of the write head of a configuration which has the 2nd embodiment - tensile stress], next the magnetic pole layer of the write head as the 1st embodiment, and it replaces with the configuration which has tensile stress is explained. Thus, what is necessary is just to prepare large opening into the pentagon explained in the 1st embodiment, if the magnetic pole layer which has tensile stress is illustrated simply. Below, a principle is first explained in explaining a detail. In order to form reflux magnetic-domain structure to the point of the light pole and to form the magnetic head with a good property, he must be conscious of the anisotropy produced in the direction of magnetic pole length by the elastic anisotropy energy. When setting to theta the angle on which lambda makes a magnetostriction and sigma, spontaneous magnetization, and tension sigma make tension, elastic anisotropy-energy E follows the following formulas.

There is a thing of magnetostriction positive/negative as an  $E = -(3/2) \lambda \sigma \cos 2\theta$  magnetic-head material, and tension has a tensile stress ( $\sigma > 0$ ). Since an elastic magnetic anisotropy arises so that E may be made into the minimum,  $\theta = 90$  degrees turns into  $\theta = 0$  degree by  $\lambda > 0$   $\lambda < 0$ . That is, in  $\lambda < 0$ , an anisotropy is produced in sigma and the right-angled direction, and an anisotropy is produced in sigma and this direction in  $\lambda > 0$ . Moreover, it changes with magnetic pole configurations, and works in the direction of magnetic pole length (the direction of y) in the configuration where a magnetic pole is long, and a magnetic pole commits the direction of a tensile stress crosswise [ magnetic pole ] (x directions) in a broad configuration. This is because a tensile stress works to the relatively longer one when length is geometrically compared with width of face. When the material of a right magnetostriction and a tensile stress is used so that clearly [ in the above-mentioned formula ], that what is necessary is just to use material which serves as a right magnetostriction in a magnetic pole configuration  $x > y$ , then when it is good and becomes  $x > y$  by short yoke-ization conversely, at this time, reflux magnetic-domain structure is formed to a magnetic pole nose of cam, and the magnetic head with a good property can be formed. By the way, what is necessary is just to make it the structure which prepared hollow in the center section of the magnetic pole layer, in order to change without the magnetic pole layer of the write head changing sharply the formation process of the shape of a general pentagon of having compressive stress so that it may have a tensile stress.



Drawing 8 reference drawing 8 is the \*\* type plan of the ideal magnetic-domain structure in connection with the 2nd operation gestalt of this invention, and draws the ideal magnetic-domain structure model of the magnetic pole layer of the write head prepares hollow and it was made to have a tensile stress. In the magnetic pole layer drawn on this drawing, although facies followed the form of the 1st operation gestalt fundamentally, since they prepared the centrum (back gap) in the interior of magnetic layer material, a tensile stress comes to produce them. Although the reflux magnetic-domain structure which consists of a hexagon-head magnetic domain and a triangular magnetic domain towards the magnetic pole nose of cam located in down [ in a magnetic pole layer and on drawing ] from a back gap is formed in this magnetic pole layer, propagation of the magnetic flux which the spin in a hexagon-head magnetic domain rotates, and contributes to record reproduction by forming a hexagon-head magnetic domain to a point in this way is performed with high speed and sufficient repeatability from a back gap to a magnetic pole nose of cam. In the example shown in drawing 8, although generated from the back gap in the direction turned to at the nose of cam of a magnetic pole, tensile-stress sigma is adjusting the breadth of a magnetic pole layer, and the lengthwise length (the length to the direction prolonged at the nose of cam of a magnetic pole from a back gap), and since it can also be made to be generated in the direction of [ from a back gap ] a magnetic pole nose of cam, and the direction which goes direct, below, it explains this, quoting drawing 9.

[0059] Drawing 9 (A) and (B) are the \*\* type plans used as the example of observation of the magnetic-domain structure in connection with the 2nd operation gestalt of this invention. When Breadth x is shorter than longwise [ y ], the width of face of a magnetic pole draws (A) about the case of being longer, compared with the length of a magnetic pole, and on the other hand, when Breadth x is longer than longwise [ y ], the width of face of a magnetic pole draws (B) about the case of being shorter, compared with the length of a magnetic pole. Although the tensile stress generally worked to the relatively longer one when the length and width of face of a magnetic pole were compared, the magnetic-domain observation result under a car microscope was what supports this. That is, in the case of drawing 9 (A), it has checked under the car microscope that tensile-stress sigma arose in the length direction of a magnetic pole, and tensile-stress sigma has arisen crosswise [ of a magnetic pole ] in being drawing 9 (B) on the other hand. Drawing 10 is the \*\* type plan of the magnetic pole layer of the write head based on the 2nd embodiment of this invention. The length of 45 micrometers and a magnetic pole can be set to 35 micrometers for the width of face of a magnetic pole, and it can use as a magnetic pole layer of the write head by setting magnetic pole layer material to 50NiFe(s) (right magnetostriction). Next, the embodiment in the case of using the magnetic pole layer of the write head shown in drawing 10 as a part of general compound-die MR head is explained according to drawing 11. Drawing 11 is the \*\* type view (cross-section structure from a \*\* type plan (a), a magnetic-domain structure model plan (b), and a magnetic pole nose of cam (c)) showing the example of application of the compound-die magnetic head based on the 2nd embodiment of this invention. The common cross section of the compound-die magnetic head which unified a read head and the write head is carrying out a configuration like drawing 11 (c), if it draws typically. In order to eliminate the influence of the MAG of the circumference which becomes the hindrance at the time of reading the magnetic-recording information which prepared MR element which bears reading and was recorded into the magnetic-recording medium, a magnetic-shielding layer is prepared in the both sides of MR element. Furthermore, an up magnetic pole is prepared in the outside of three layer structures of this magnetic-shielding layer / MR element / magnetic-shielding layer, and this writes in. The composition of an up magnetic pole should just be a configuration as shown in drawing 10. The plan which looked at the compound-die magnetic head shown in drawing 11 (c) from the top is as being shown in drawing 11 (a). Among drawing 11 (a), although a magnetic-shielding layer is prepared in the bottom of the up magnetic pole of the configuration shown in drawing 10, a magnetic-shielding layer is larger than an up magnetic pole enough in this case. The length of a magnetic-shielding layer is 65 micrometers to the width of face of a magnetic-shielding layer being 70 micrometers to the width of face of an up magnetic pole being 45 micrometers, and the length of an up magnetic pole being 35 micrometers. When patterning of the magnetic-shielding layer is carried out to a square, the magnetic-domain structure model

changes like the combination of a simple hexagon-head magnetic domain and a triangular magnetic domain, as shown in drawing 11 (b).

[0060] Next, what is necessary is just to make it structure which is indicated by drawing 5 according to having explained as an operation gestalt of the above 1st, in applying the compound-die magnetic head indicated to above-mentioned drawing 11 to the concrete composition of the thin film magnetic head using the NiFeMo alloy film of the composition ratio of the above-mentioned range, or the compound-die thin film magnetic head. Therefore, it omits explaining the process of drawing 5 repeatedly here. In addition, although what thing was sufficient as the magnetic-substance film in this case as long as it was the composition ratio which fulfills the above-mentioned terms and conditions, same nickel80Fe17.5Mo2.5 as having used on the occasion of measurement of the permeability of drawing 4 (b) was used for it here. Magnetostriction constant  $\lambda_{100}$  of the magnetic-substance film in this case, coercive force  $H_c$ , specific resistance  $\rho$ , and saturation magnetic flux density  $B_s$  It is set to  $\lambda_{100} = +5 \times 10^{-7}$ ,  $H_c = 0.5 \text{ Oe}$ ,  $\rho = 47 \text{ microhm-cm}$ , and  $B_s = 0.95 \text{ T}$  as mentioned above.

[0061] in the gestalt of another operation, since the magnetoresistance effect element 32 which constitute the MR head section for reproduction be pinch by the lower magnetic pole layer 23 used as the lower shield layer 31 and up shield layer which consist of nickel80Fe17.5Mo2.5 alloy, it become possible to keep good the shielding effect to about 100MHz the magnetic field noise and drive magnetic field of a RF, and can expect make re-biodegradation ability high by it.

[0062] Moreover, since the up magnetic pole layer 28 also uses and constitutes nickel80Fe17.5Mo2.5 alloy also in this case Since it can consider as the magnetic-domain structure near the ideal in which the hexagon-head magnetic domain was formed to near the light pole 29 and heat treatment after formation of the magnetoresistance-effect element 32 becomes unnecessary by it, without heat-treating special RF record is attained not having a bad influence on the magnetoresistance-effect element 32 which constitutes the MR head section for reproduction, and maintaining a high reproduction output.

[0063] As mentioned above, although the gestalt of each operation of this invention has been explained As a magnetic material which this invention is not restricted to the operation gestalt which gave [ above-mentioned ] explanation, and various kinds of change is possible for it, for example, constitutes an up magnetic pole layer etc. Magnetostriction constant  $\lambda_{100}$  of the above that it is [ and ] the range of not the thing restricted to nickel80Fe17.5Mo2.5 alloy but the composition ratio mentioned above, coercive force  $H_c$ , specific resistance  $\rho$ , and saturation magnetic flux density  $B_s$  What is necessary is just the NiFeMo alloy which fulfills the related terms and conditions. Moreover, what is necessary is to be applied also to the independent MR head only for reproduction, and just to use the NiFeMo alloy which fulfills above-mentioned terms and conditions as an up-and-down magnetic-shielding layer like the compound-die thin film magnetic head in explanation of the gestalt of each above-mentioned operation, although explained as the thin film magnetic head or the compound-die thin film magnetic head of an induction type. Moreover, it applies also to any of not MR element of a common type but a GMR (huge magnetoresistance effect) element, and a spin bulb element, and the same effect is acquired.

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

## [Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is explanatory drawing of the theoretic composition of this invention.

[Drawing 2] Magnetostriction constant  $\lambda$  It is explanatory drawing of the NiFeMo composition dependency of magnetic-domain structure.

[Drawing 3] Coercive force  $H_c$  It is explanatory drawing of the NiFeMo composition dependency of specific resistance  $\rho$ .

[Drawing 4] Saturation magnetic flux density  $B_s$  It is explanatory drawing of the NiFeMo composition dependency of a permeability property.

[Drawing 5] It is the rough cross section of the thin film magnetic head of the gestalt of operation of this invention.

[Drawing 6] It is the important section transillumination perspective diagram of the conventional compound-die thin film magnetic head.

[Drawing 7] It is the \*\* type plan of the ideal magnetic-domain structure in connection with the 1st operation gestalt of this invention.

[Drawing 8] It is the \*\* type plan of the ideal magnetic-domain structure in connection with the 2nd operation gestalt of this invention.

[Drawing 9] It is a \*\* type plan used as the example of observation of the magnetic-domain structure in connection with the 2nd operation gestalt of this invention.

[Drawing 10] It is the \*\* type plan of the magnetic pole layer of the write head based on the 2nd operation gestalt of this invention.

[Drawing 11] It is the \*\* type view (cross-section structure from a \*\* type plan (a), a magnetic-domain structure model plan (b), and a magnetic pole nose of cam (c)) showing the example of application of the compound-die magnetic head based on the 2nd operation gestalt of this invention.

## [Description of Notations]

- 11 Up Magnetic Pole Layer
- 12 Light Pole
- 13 Magnetic Domain Wall
- 14 Hexagon-Head Magnetic Domain
- 15 Triangular Magnetic Domain
- 21 Aluminum<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiC Substrate
- 22 Aluminum<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Film
- 23 Lower Magnetic Pole Layer
- 24 Light Gap Layer
- 25 Lower Layer Insulation Film
- 26 Light Coil
- 27 Up Layer Insulation Film
- 28 Up Magnetic Pole Layer
- 29 Light Pole
- 30 Lower Shield Layer
- 31 Lower Lead Gap Layer

- 32 Magnetoresistance-Effect Element
- 33 Up Lead Gap Layer
- 41 Lower Shield Layer
- 42 Magnetoresistance-Effect Element
- 43 Lead Electrode
- 44 Lower Magnetic Pole Layer
- 45 Light Coil
- 46 Light Electrode
- 47 Up Magnetic Pole Layer
- 48 Light Pole
- 49 Magnetic Domain Wall
- 50 Hexagon-Head Magnetic Domain
- 51 Triangular Magnetic Domain

---

[Translation done.]